

UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO-AMERICANA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS COM ÊNFASE EM BIOGÁS

REFLEXÕES EM TORNO DO USO DO BIOGÁS AGRÍCOLA NA GERAÇÃO
DE ENERGIA ELÉTRICA

ADRIANO DE CERQUEIRA VIOLANTE

Foz do Iguaçu
2013

ADRIANO DE CERQUEIRA VIOLANTE

REFLEXÕES EM TORNO DO USO DO BIOGÁS AGRÍCOLA NA GERAÇÃO
DE ENERGIA ELÉTRICA

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Energias Renováveis, com Ênfase em Biogás.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto dos Santos

Foz do Iguaçu
2013

920,92
V795r

Violante, Adriano de Cerqueira.
Reflexões em torno do uso do biogás agrícola na
geração de energia elétrica. / Adriano de Cerqueira
Violante. -- Foz do Iguaçu, 2013.
63 f.: il.

Monografia (Especialização em energias renováveis
com ênfase em biogás) --Universidade Federal da
Integração Latino Americana, Foz do Iguaçu, PR, 2013.

Bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto dos Santos

1. Biogás. 2. Energia renováveis. I. Título.

DEDICATÓRIA

A meus filhos, Adriano e Victória
que, à sua maneira, souberam me
apoiar e inspirar.

RESUMO

O biogás, mais conhecido como metano, é um dos gases mais comuns produzidos naturalmente pela degradação da matéria orgânica. Usado há muitos séculos, provou ser confiável e barato. Com a grande demanda mundial por energia, o biogás passou a ser visto como alternativa, sendo listado no rol das energias renováveis. Associado com o aquecimento global deve ter sua emissão para a atmosfera interrompida, preferindo-se a queima. Na Europa é comum subsídios para a implantação de usinas. As maiores usinas de geração elétrica com biogás estão em aterros sanitários. Os criadores de animais podem aproveitar o esterco destes e incubá-los em um biodigestor, promovendo o saneamento rural, gerando biofertilizantes e biogás. O pequeno criador deve ter mais atenção com os investimentos, pois os custos podem ser amortizados a longuíssimo prazo ou não ser amortizado.

Palavras-chave: Biogás agrícola; Matriz energética; biomassa.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica.

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores.

COPEL. Companhia Paranaense de Energia.

EIA. Energy Information Administration. Agência Norte-Americana.

EPE. Empresa Pesquisa Energética. Vinculada ao governo brasileiro.

EROEI. Energy Return On Energy Invested. Relação da energia obtida pela energia usada para se obter essa energia.

GEE. Gases de Efeito Estufa.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

ICLEI. International Council for Local Environmental Initiative. Governos Locais pela Sustentabilidade.

kVA. Medida de potência elétrica, conhecida como potência aparente. Volt-Ampère - tensão vezes corrente.

kW, MW, GW TW. Quilowatt, Megawatt, Gigawatt e Terawatt. Mil, milhão, bilhão e trilhão de watts.

kWh. Quilowatt-hora (kWh). Medida de energia. Um kWh é a quantidade de energia utilizada para alimentar uma carga com potência de um quilowatt pelo período de uma hora.

OPEP. Organização dos Países Exportadores de Petróleo.

TEP. Toneladas Equivalente de Petróleo.

UTE. Usinas Termelétricas.

W. Unidade de potência do Sistema Internacional de Unidades (SI). É equivalente a um joule por segundo (J/s).

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Matriz energética brasileira de 2010.....	13
FIGURA 2. Modelo de biodigestor de Concreto na Europa. à direita vista Interna com aquecedores e agitadores.....	36
FIGURA 3. Modelo De Biodigestor Tipo Chinês.....	37
FIGURA 4. SANGA AJURICABA	41
FIGURA 5. Granja São Pedro - Colombari.....	46

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Empreendimentos energéticos no Brasil.	2
TABELA 2. Produção de energia primária. Dados referentes à figura 1.....	13
TABELA 3. Usinas termelétricas a biogás.....	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS	7
3 REVISÃO DA LITERATURA	9
3.2 Fontes de energia renováveis.....	18
3.3 Biocombustíveis	22
3.4 Biogás agrícola	31
3.5 Produção de biogás	33
4 MATERIAIS E MÉTODOS	44
5 RESULTADOS.....	45
6 CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

Uma ciência é dita útil se seu desenvolvimento tende a acentuar as desigualdades existentes na distribuição de riqueza, ou se promove mais diretamente a destruição da vida humana.

Godfrey Hardy, matemático

A sociedade atual aceitou a necessidade de crescimento econômico para fazer frente a empregos, fornecer educação, saúde e saneamento para a população, construir as infraestruturas para a movimentação de pessoas e mercadorias. Para tudo isso é preciso ter energia, não apenas em forma de combustível, mas também energia elétrica.

A matriz energética mundial se apoia nos combustíveis fósseis, poluidora e em risco de depleção. A matriz energética brasileira é um pouco mais limpa, parte de sua frota se movimenta com etanol e mais de 80% de sua energia elétrica provém da hidroeletricidade.

Com o crescimento econômico brasileiro em cerca de 5%, por exemplo, o governo prevê, para os próximos anos, uma adição de mais de 48 GW na capacidade de geração, proveniente dos 166 empreendimentos atualmente em construção e mais 572 outorgadas (tabela 1), sobre os 123 GW já em operação (ANEEL, 2012).

De acordo com a tabela 1, constata-se que as energias renováveis, à exceção da hidrelétrica, ainda estão engatinhando no Brasil. A geração de energia solar não aparece nas estatísticas da ANEEL, mas existe. A usina de Araras, com geração mista integrando painéis fotovoltaicos e diesel, instalada pela Universidade Federal de Santa Catarina, operando desde 2001 no município de Nova Mamoré no Estado de Rondônia, com potência instalada de 20,48 kW, o suficiente para manter duas a três casas.

TABELA 1. Empreendimentos energéticos no Brasil.

Empreendimentos em Construção				Outorgados até 2012		
Tipo	Qdade	Potência Outorgada (MW)	%	Qdade	Potência Outorgada (MW)	%
Central Geradora Hidrelétrica	1	0,848	0	58	39	0,19
Central Geradora Eolielétrica	60	1.480	5,39	229	6.335	31
Pequena Central Hidrelétrica	52	588	2,14	130	1.822	9
Usina Hidrelétrica de Energia	12	18.282	66,52	12	2.529	12
Usina Termelétrica de Energia	40	5.781	21,04	142	9.970	48
Usina Termonuclear	1	1.350	4,91			
Geradora Undi-Elétrica				1	0,005	0
Solar Fotovoltaica						
Usina Fotovoltaica						
Total	166	27.483	100	572	20.695	100

Fonte ANEEL (2012).

A energia da radiação solar é uma boa proposta para substituir uma pequena parte dos requerimentos de combustíveis fósseis, embora seja bem menos concentrada que o petróleo. Para suprir a demanda de energia elétrica dos EUA com a energia solar, deve-se utilizar cerca de 10 mil Km² de painéis solares, área aproximadamente duas vezes o tamanho do Distrito Federal, no Brasil.

As primeiras células de energia solar foram feitas na década de 1950 com 4,5% de eficiência de conversão. Atualmente, o poder de conversão está em 30% e o custo, embora caro, tem diminuído bastante, de seis dólares por watt de produção para a metade em grandes escalas. O preço do kWh residencial de energia hidroelétrica, por exemplo, situa-se entre 15 e 30 centavos de dólar (ANEEL, 2011).

A energia fotovoltaica tem a vantagem de poder ser utilizada em localidades remotas, em bóias oceanográficas ou em telefones de emergência pelas estradas por exemplo. Escolas nas florestas brasileiras podem ter uma lâmpada, uma televisão ou computador funcionando com esta fonte de energia. Para os períodos noturnos e sombreados devem-se usar sistemas de baterias e in-

versores de corrente contínua para corrente alternada, o que encarece o uso. Ao verificar o equipamento e custo necessário para suprir uma casa com cerca de 100 kWh por mês, investe-se 23 mil reais, são 230 reais por cada kWh instalado, um preço altíssimo para quem quer se ver livre das companhias distribuidoras de eletricidade e manter o consumo nesta taxa, sem usar em demasia o chuveiro elétrico e muito menos ar condicionado. Este custo é computado apenas para o primeiro ano. Em dez anos o preço do kWh se reduz para 2,25 reais (SOCIEDADE DO SOL, 2011).

Para se gerar energia eólica no Brasil existe 79 empreendimentos em operação, 60 em construção e 229 outorgados e, mesmo assim, se todos estivessem em funcionamento, seriam responsáveis por pouco mais de 3% de toda a energia elétrica gerada no país. Possuem a vantagem de ser um propulsor gratuito, embora não constante, que necessitam de manutenção permanente. Na década de 1980, cada turbina eólica gerava de 50 a 300 kW, atualmente são capazes de gerar até 7,5 MW e suprir 5.000 casas de eletricidade cada uma. Um protótipo de turbina gigante foi testado na Alemanha, com 135 metros de altura e 3 pás de 63 metros cada, armação maior que um edifício de 40 andares. Moinhos de vento normais de alta geração possuem, geralmente, 65 metros de altura e pás de 35 m, com capacidade de gerar 1,5 MW de energia.

A energia dos ventos tem também o inconveniente de ser cara, pouco mais de 100 Reais o Megawatt-hora (VALOR, 2012), bem mais que a energia hidrelétrica, mas é aproximadamente a metade do preço da energia gerada pelos painéis solares. Sem subsídios governamentais não se sustentaria.

Subsídios são importantes para os agricultores nacionais, pois a concorrência com os produtos europeus ou norte americanos, geralmente mais baratos pelos subsídios oferecidos, se torna difícil, embora isso seja apenas uma face da moeda. A outra é que os subsídios podem ocorrer de diversas formas como, financiamentos a juros mais baixos que o do mercado, verbas a "fundo perdido", barreiras fiscais em relação aos equivalentes importados, isenção de impostos, renegociação ou perdão de dívidas, financiamento da compra de insumos agrícolas, garantir um preço mínimo para a produção entre outros. Para consolidar uma atividade de interesse do governo, como, por exemplo, o proál-

cool na década de 1970, a agricultura familiar a ou implantação de geração energética renovável, são necessários incentivos governamentais.

Em todo o mundo a quantidade de geração de energia eólica e solar é pequena, mas a eólica produz sete vezes mais que a solar. Embora não tenham o cunho de emissoras de GEE necessitam de ajuda governamental para poderem ser construídas.

Autores como Hefner III (2002) e Rifkin (2002) argumentam que, com o aspecto poluidor dos combustíveis fósseis sólidos e com o declínio das reservas dos combustíveis fósseis líquidos, o que estará em alta serão os gases como metano e hidrogênio.

Este último é o elemento químico mais abundante no universo e constitui 75% de seu total, além de ser o mais leve e menos denso. É um gás inflamável, sem cheiro e incolor, conhecido pelo símbolo molecular diatômico H_2 . É encontrado em grandes quantidades no sol proporcionando sua energia.

Quando se queima madeira, carvão, gás ou petróleo, o que produz energia em todos estes compostos é o hidrogênio associado a eles. Entretanto não existem minas, jazidas ou reservatórios desse gás para que se possa explorar. Tem que ser produzido. E demanda energia para isso. Como a água tem muito hidrogênio – H_2O , a maneira mais limpa e fácil é extrair hidrogênio desse composto. Passando uma corrente elétrica pela água esta se separa em oxigênio e hidrogênio e este último pode ser armazenado. Mais tarde, quando desejado, faz-se o caminho inverso, mistura-se H_2 com O_2 liberando a energia acumulada e produzindo água. Segundo Rifkin (2002) é a forma mais eficiente de armazenar energia, pois o hidrogênio produz três vezes mais calor que o petróleo.

Os problemas começam quando se necessita de energia elétrica para produzir H_2 . Atualmente grande parte desta energia vem da queima de combustíveis fósseis e o mais econômico e usado mundialmente é o gás natural. Neste caso, o alento do futuro polui, produzindo CO_2 . Como o petróleo, o gás natural deve ter seu máximo de produção em breve, dentro de mais uns vinte anos e já existem projetos em todo o mundo para aumentar a produção de energia elétrica e de adubos (nitrogênio) a partir de gás natural, reduzindo sua

quantidade para projetos futuros de produção de hidrogênio. Ainda assim, Heinberg (2005) diz que o processo de produção sempre vai usar mais energia do que o que o hidrogênio irá render, por isso não é uma fonte, mais um portador de energia, como se fosse um tipo de bateria.

Atualmente produzem-se pouco mais de 500 bilhões de metros cúbicos de hidrogênio em todo o mundo. Os Estados Unidos sempre investiram menos que a Europa na produção e pesquisa de hidrogênio e, quando o preço do petróleo começou a cair na década de 80, os investimentos em hidrogênio caíram também, voltando a ser significativos apenas em meados da década de 90, com os problemas do aquecimento global causado pelo CO₂ (RIFKIN, 2002).

Um dos melhores procedimentos energéticos é usar a energia excedente da geração solar, eólica ou outra proveniente, se possível, de matriz renovável, para produzir a eletricidade necessária para separar o hidrogênio do oxigênio da água e armazená-lo em células especiais de bateria desenhadas para essa finalidade. Estas energias não são produzidas comercialmente em grande quantidade e existe uma percentagem de perda cada vez que é transformada, por exemplo, usando a luz do sol para produzir eletricidade fotovoltaica, depois eletricidade para hidrogênio e do hidrogênio de volta para eletricidade nos automóveis. E a armazenagem não é o único problema, é necessário fazê-la durar, pois a autonomia desses carros é baixa, cerca de cem a duzentos quilômetros e demora muito tempo para carregar, aproximadamente seis horas nos automóveis mais novos com carga plena. E os protótipos movidos somente com este combustível custam caro: Um ônibus movido a hidrogênio é entre oito e dez vezes mais caro do que um tradicional, movido a diesel, além do hidrogênio apresentar elevado custo de produção (BIODIESELBR, 2013), devido à sua bateria especial, e apenas esta custa cerca de 400 mil Reais (REDETEC, 2013). Se um carro popular abastecido com H₂ custar 10% deste valor, ainda assim não seria popular, não atingindo, portanto, a massa de consumidores.

Há algum tempo a Islândia se mostrou interessada em adotar o hidrogênio como a fonte de energia mais importante do país. Dona de uma geradora de energia tipo geotérmica natural, em muitos pontos do país a temperatura da água se mantém em 200°C a cerca de mil metros de profundidade, permitindo a produção de eletricidade. A energia desta forma é gerada durante 24 horas

por dia por todo o ano, podendo produzir o hidrogênio necessário para abastecer todos os automóveis do país e até para exportar para o restante da Europa. Projetos semelhantes estão sendo desenvolvidos no Estado norte-americano do Havaí. O maior ônus desse combustível é sua produção a partir de fontes fósseis e planos localizados, usando fontes renováveis, são pontuais e pouco relevantes em escala mundial.

Verifica-se a necessidade de complementar a matriz energética com energias renováveis, entretanto observa-se que a humanidade depende de grandes quantidades de energia para satisfazer seu crescimento e, na melhor das hipóteses sua manutenção. No estado atual de desenvolvimento tecnológico as renováveis são responsáveis por pouco mais de 13,3% da energia gerada mundialmente, sendo que 2,1% são provenientes das hidroelétricas e o resto vem da biomassa (MME, 2009).

De todas as fontes de energias citadas, o biogás é menos intencional: não se constrói um aterro sanitário apenas para captar o gás – as bactérias presentes no lixo orgânico do aterro produzem o biogás, da mesma forma que os animais confinados geram esterco e daí o biogás. É um aproveitamento necessário do que, forçosamente, será gerado naturalmente. Caso contrário, poluirá o ambiente.

Esta captação, portanto, depende de atividades primárias como a geração de lixo doméstico nas áreas urbanas ou esterco animal nas granjas de criação. Assim, espera-se que a quantidade não seja relevante. De acordo com o EPE (2012) a oferta de energia elétrica brasileira para o ano de 2011 foi de 567,6 TWh, com a geração hidroelétrica totalizando 81,9% desse total. A contribuição do biogás foi de 79 MWh ou 0,000014%. Naturalmente há muito o que crescer, principalmente nos aterros sanitários das grandes cidades brasileiras.

Pretende-se nesta monografia discutir aspectos tecnológicos e econômicos da geração de energia a partir do biogás agrícola. A título de completeza e como elemento comparativo, serão apresentados aspectos tecnológicos e econômicos de outras fontes de energia usuais na produção de eletricidade.

2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

No começo do século XIX o filósofo alemão Schopenhauer escreveu: “O homem pode, é certo, fazer o que quer, mas não pode querer o que quer”. Parece que o animal mais inteligente da Terra quer conforto, segurança, desenvolvimento, mas certamente não deseja todos os inconvenientes ambientais causados em nome da produção de artigos para o comércio; as mazelas que humanos causam aos humanos menos favorecidos; a destruição de ecossistemas para se extrair pacotes de energia para manter seu conforto e desenvolvimento.

A sociedade chegou ao atual estado de desenvolvimento tecnológico e econômico usando e abusando dos combustíveis, primeiramente da biomassa e atualmente dos combustíveis fósseis. A população mundial atingiu os sete bilhões de seres devido aos alimentos obtidos com as modernas técnicas agrícolas dependentes dos mesmos combustíveis. A indústria e os transportes são condicionados pelo petróleo e gás natural, conseqüentemente a maioria esmagadora dos empregos disponíveis em todo o mundo.

De acordo com Violante (2012), Deffeyes (2009), Heinberg (2005), Campbell e Laherrère (1998) entre outros, as reservas de petróleo estão se reduzindo, tanto em quantidade de poços encontrados como na quantidade de petróleo dentro desses poços, intuindo que haverá depleção da substância e aumento de preços num curto prazo.

A depleção mundial se verifica também nas explorações inéditas de petróleo a sete mil metros de profundidade como no pré-sal brasileiro ou na lavagem de areias betuminosas obtendo um óleo caríssimo comparado com o extraído no Oriente Médio.

No Brasil, verifica-se a necessidade de aumentar a produção de energia para seu desenvolvimento: o país está construindo diversos projetos de hidrelétrica na região norte; a geração eólica está sendo desenvolvida em diversos Estados; pensa-se em mais duas centrais nucleares, em usinas termelétricas à carvão e o biogás já produz energia elétrica em diversos aterros sanitários, principalmente nas capitais.

Naturalmente, as termelétricas movidas a biomassa também estão sendo exigidas e, com o atual preço do quilowatt-hora muitas delas não são rentáveis sem os subsídios, especialmente aquelas movidas a biogás de dejetos animais. Estas se justificam pelas determinações legislativas, pelas considerações ambientais e como laboratórios para aprendizado tanto de técnicos como de alunos.

Objetiva-se com este trabalho analisar algumas questões sobre a geração energética a partir do biogás agrícola. A grande complexidade atingida pela sociedade atual exige a demanda de enormes quantidades de energia e uma percentagem significativa dessa deve advir de fontes limpas, não apenas para reduzir as mazelas ambientais causadas pelos combustíveis fósseis, mas para complementar a matriz energética. Nesse sentido, mostrar-se-á:

1. em que medida o biogás agrícola poderá contribuir para a matriz energética brasileira;
2. as vantagens da utilização do biogás agrícola, sobretudo no que se refere à produção de biofertilizantes, à eliminação do cheiro forte de esterco animal e às possibilidades de fornecer retornos financeiros com a venda de créditos de carbono com a simples queima do metano ou ainda produzindo energia elétrica, para venda ou uso na propriedade;
3. as dificuldades referentes à amortização do custo monetário, sobretudo em épocas de queda do preço da carne suína.

3 REVISÃO DA LITERATURA

É vasta a quantidade de livros e artigos científicos sobre as energias renováveis, embora abarrotada de vieses políticos e financeiros, principalmente pelas grandes necessidades energéticas do país em que se questionam a construções de usinas hidrelétricas no norte e os subsídios quanto à energia eólica e solar. A questão ambiental, social e aspectos de depleção das energias fósseis que deveriam incentivar a sua produção, tende a criar polarizações e contradições dificultando, muitas vezes, o incentivo pela busca de fontes renováveis.

O que é verdade ou falácia neste assunto parece depender de ideologias dos autores e do partido político ao qual se pertence: Será verdade que sete bilhões de seres humano é muito? Nove bilhões são adequados? Como atender tanta gente oferecendo recursos e condições de vida? O petróleo está se acabando? Como substituí-lo adequadamente? É possível produzir etanol sem prejudicar a produção de alimento? Quais as conseqüências de se usar grande parte do nordeste brasileiro para se gerar energia solar e eólica? Até quando a produção industrial e o consumo serão suficientes para se manter os empregos e o crescimento econômico?

São perguntas complicadas e cada uma delas, geralmente, divide as comunidades acadêmicas e políticas. Para a maioria dessas perguntas necessita-se de décadas para uma compreensão melhor das respostas. As procuras constantes e alucinadas por energia levam o homem aos confins do Alaska e da Sibéria invadindo parques naturais que deveriam ser preservados; faz com que esse homem tire óleo de areia e de pedra como em Atabasca no Canadá; ou que perfure por cinco quilômetros abaixo de dois mil metros de água como no pré-sal brasileiro. São processos caros e perigosos que mostram que nossa sociedade está ficando sem energia. Caso contrário, como explicar projetos tecnologicamente complicados e caros, patrocinados por países desenvolvidos como os EUA e os mais ricos da Europa senão que estão ficando com poucas possibilidades de aumentar seu parque gerador. Este é o caso da fusão nuclear, que de tempos em tempos entra na agenda do desenvolvimento científico e

tecnológico dos países economicamente mais poderosos. De acordo com Santos (2009)

No final dos anos 1960, a grande notícia foi o desenvolvimento do tokamak, acrônimo da expressão russa *toroidal'naya kamera v magnitnykh katushkakh*, que significa câmara toroidal com bobinas magnéticas. Esse equipamento foi inventado pelos físicos russos Andrei Sakharov (1921-1989) e Igor Tamm (1895-1971) para a obtenção de fusão termonuclear e logo foi transformado em protótipo ideal para o uso pacífico desse processo.

Rapidamente a "tokamakmania" espalhou-se pelo mundo. Tokamaks foram instalados em todos os países industrializados. No Brasil, a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), a Universidade de São Paulo (USP) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) seguiram a moda. Mas as pesquisas não tiveram muito impacto nos meios de comunicação de massa.

A fusão nuclear voltou a ser assunto para o grande público em 1992, quando a Comunidade Europeia, a Coreia do Sul, a China, os Estados Unidos, o Japão e a Rússia decidiram construir o Reator Termonuclear Experimental Internacional (ITER, na sigla inglesa). Na verdade, esse projeto teve origem em uma colaboração entre os Estados Unidos e a União Soviética iniciada em 1985. Em 2006, a Índia também passou a fazer parte do grupo.

O ITER é considerado o último passo em direção ao teste final de exequibilidade da fusão nuclear em escala industrial, conhecido como Demo. Depois desse teste, deverão surgir instalações industriais que permitirão a realização desse processo em larga escala.

O jornal A Folha de São Paulo (2010) destaca que diversos países estão investindo mais de 21 bilhões de dólares no ITER, atualmente em construção no sul da França. Temperaturas extremas são necessárias para romper a estrutura atômica do hidrogênio, separando elétrons e nêutrons numa estrutura difusa e, devido as altas temperaturas, estas não se mantêm em estado sólido e sim numa forma de gosma plasmática. Este reator irá consumir cerca de 50 MW de energia para reproduzir as reações nucleares que ocorrem no sol, que atingem 15 milhões de graus Celsius e deve fornecer dez vezes mais - 500 MW, em 2026, quando estará funcionando plenamente. Há uma pequena usina geradora para fornecer energia apenas para esta planta. Embora interessante, este parece mais um projeto desesperado de quem está ficando sem energia e, pela grandeza e incerteza é criticado por parte da comunidade acadêmica. Um grupo de cientistas, entre os quais o prêmio Nobel Georges Charpak (2012), enviou uma carta aberta ao consórcio internacional contra o repasse de verbas porque consideram o reator perigoso para a humanidade. Como é uma planta

piloto, experimental, pode haver erros e destruir quase toda a França, com a força de várias bombas H. Na verdade não se sabe o que poderá ocorrer se os pesquisadores conseguirem atingir e manter esta grande temperatura. Até o momento, a quantidade de energia obtida foi de 70% da energia investida, mas os membros do consórcio esperam que possam conseguir "a energia do futuro", mais barata e limpa.

Projetos desse tipo alimentam o imaginário daqueles que pensam que o mais importante para a nossa sociedade é o dinheiro: Os recursos financeiros movimentam o mundo, suas trocas implicam em recebimentos de serviços e/ou mercadorias, pode ser alegado por diversos economistas, mas em verdade o que movimenta o mundo e faz o dinheiro girar é a disponibilidade de energia, não apenas na forma de alimento, mas para fazer movimentar os diversos motores das indústrias que produzem os itens a serem comercializados, dentro de cada eletrodoméstico nas residências, transportes e nas comunicações.

Hardin (1968) já relacionava fontes ilimitadas de energia com o crescimento da população e que maximizar a população não maximiza os bens. Em seu artigo, "A tragédia dos comuns", Hardin, apoiado pelas ideias de Thomas Malthus, elaboradas há mais de 200 anos, afirmou que a fome nunca seria eradicada, pois qualquer aumento na disponibilidade dos alimentos (energia) faria com que a população se sentisse segura e aumentasse ainda mais, num ciclo vicioso à espera que novas crises trouxessem a fome e que reduzisse novamente a população.

Embora uma disponibilidade ilimitada de energia (recursos) esteja relacionada com um maior crescimento econômico e populacional, parece que é isso o que a sociedade atual deseja, com seu consumo e desperdícios excessivos. Mas não temos fontes de energia inesgotáveis, muito pelo contrário. Economistas ecológicos como May *et. al.* (2003), Daly (1996) e Georgescu-Roegen (1995) já comentaram sobre a supremacia equivocada da economia sobre os sistemas ecológicos com conceitos de insustentabilidade em que a economia cresceria para sempre ou seria restrita pelos recursos naturais, tema que os economistas ortodoxos teimam em não interpretar. Ou pode-se observar a economia como um subsistema de um todo em que o ecossistema determinaria restrições à expansão contínua da economia.

3.1 Fontes de energia não renováveis

Desde a revolução industrial, a sociedade moderna é dependente de energia, não aquela que é ingerida na forma de alimento, mas outra, responsável por movimentar engrenagens e produzir trabalho mecânico. Primeiramente o homem usou a biomassa – lenha, como energia, para esquentar, cozinhar e transformar metais. No início do século XVIII, um ferreiro e mecânico inglês desenvolveu uma máquina a vapor movida a carvão, para retirar a água que ficava empoçada nas minas de carvão. Logo depois James Watt aperfeiçoou o modelo que serviu de base para a mecanização das indústrias inglesas e para os transportes, com a invenção da locomotiva. A partir daí aumentou bastante o uso de carvão mineral em toda a Europa (HEINBERG, 2009).

Do carvão passou-se para o petróleo. De acordo com Yergin (1992) em 1859, com a primeira extração comercial de petróleo, os países do ocidente, preferencialmente, passaram a preferir a substância líquida negra, pois é mais fácil de transportar, armazenar, manusear e é mais energética que o carvão.

A dependência da sociedade atual dos combustíveis fósseis é tão grande que qualquer coisa que forneça um pouco de geração de trabalho a mais do que a oferecida pelas energias renováveis poderá ser considerado uma revolução. A matriz energética mundial e brasileira mostra a impossibilidade de substituir apenas a energia do petróleo em curto prazo por qualquer energia renovável disponível atualmente.

No caso da matriz mundial, os combustíveis fósseis são responsáveis por 81,4% do total e as energias alternativas estão mascaradas dentro dos 10,5% da biomassa que inclui combustíveis renováveis, gás dos resíduos sólidos urbanos, energias solar, eólica, geotérmica, entre outras. Em todo o mundo a energia eólica e solar responde por menos de 1% do total (EPE, 2011).

Ainda segundo a EPE (2011) o crescimento energético nesses primeiros dez anos do século XXI foi de 62%, uma temeridade se se pensar que o Brasil possa repetir o feito nos próximos 30 anos, pois para isso nossos requerimentos energéticos alcançarão 425% do que temos hoje, serão 1.078.000.000 Toneladas Equivalente de Petróleo (TEP).

Entretanto a figura 1 mostra também que no Brasil existe apenas três tipos de fontes de eletricidade confiáveis, quais sejam os combustíveis fósseis (carvão e gás incluídos) nuclear e hidroeétrica. Qualquer outra não é constante ou em quantidade suficiente para que se possa usar intermitentemente.

A matriz energética brasileira é menos dependente dos fósseis do que a do resto do mundo, mas ainda é alto seu percentual, pois mais da metade, 51,7% provém destes. O Brasil não tem geração de energia elétrica solar significativa e a produção de energia eólica é tímida e está nos seus primórdios, respondendo por 0,5% do total e deve-se deixar claro que a produção de energia elétrica por hidrelétricas no Brasil é de 81,7% (EPE, 2012). O país não possui grandes reservas de carvão e apresenta, em sua matriz, uso quatro vezes menor que o resto do mundo. Apesar da figura 1 mostrar separação entre as outras energias renováveis, considera-se a lenha, cana e hidrelétrica como tais.

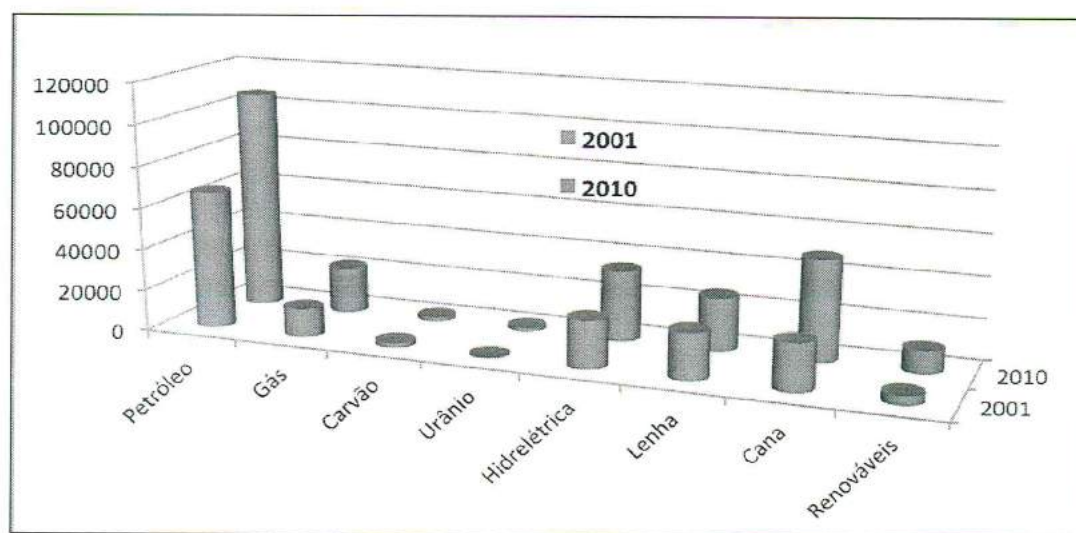


FIGURA 1. Matriz energética brasileira de 2010. Fonte EPE, 2011. Em TEP.

TABELA 2. Produção de energia primária. Dados referentes à figura 1.

	2001	% 2001	2010	% 2010	Crescimento
Petróleo	66.742	42,68	106.439	41,98	59%
Gás	13.894	8,88	22.771	8,98	64%
Carvão	2.185	1,40	2.161	0,85	-1%
Urânio	669	0,43	1.767	0,70	164%

Hidrelétrica	23.028	14,73	34.680	13,68	51%
Lenha	22.437	14,35	26.071	10,28	16%
Cana de açúcar	22.800	14,58	48.852	19,27	114%
Outras renováveis.	4.631	2,96	10.813	4,26	133%
Total	156.386	100 %	253.554	100 %	62%

Fonte: EPE (2011), adaptada pelo autor.

As usinas nucleares são caras, perigosas e o urânio, como combustível, também tem seus dias contados. As pastilhas de urânio contém grande quantidade de energia e, dentro das usinas, fazem com que se fervam grandes quantidades de água que, com a pressão de seu vapor impulsionam os rotores produzindo energia. Para Greer (2009), as usinas atômicas possuem uma relação de alto custo com baixos benefícios, pois se computarmos a quantidade de minério necessária para obter apenas uma pastilha de urânio enriquecida, adicionado à questão do que fazer com todo o lixo radioativo descartado, mais os danos ambientais, sociais e econômicos causados pelo pouco mais de 500 usinas ao redor do mundo, estima-se que, se fossem calculadas as externalidades inerentes ao urânio, a energia gerada por estas usinas provavelmente seria menor do que a energia gasta em sua construção ou mesmo teria um baixíssimo EROEI¹.

Ainda assim, a energia nuclear vive uma época de grande desenvolvimento devido à demanda energética que cresce sem parar, fazendo com que muitos países desengavetem projetos de centrais nucleares, apesar dos perigos causados por fenômenos naturais, erros humanos e observando diversos países fecharem suas unidades.

Os Estados Unidos possuem 105 usinas nucleares gerando pouco mais de 25% de sua potência, mas quem mais depende de energia nuclear é a França, com 75,2% de sua matriz energética, seguido da Eslováquia com 53,5% e da Bélgica com 51,7% (ISTOÉ, 2011). A China está construindo 27 usinas nucleares além das 13 que já possui e a Rússia acrescentando mais 10 às 32 já instaladas. O Brasil conta com duas usinas e possui mais uma em construção, sua geração de energia elétrica por via atômica atual é de 2,7% do

¹ Energy Return On Energy Invested = EROEI. Relação da energia obtida pela energia usada para se obter determinada quantidade de energia.

total (EPE, 2012). Embora grupos ambientalistas como o Greenpeace sejam contra este tipo de energia, diversos cientistas como Lovelock (2010) e o ex-líder do Greenpeace Patrick Moore (IstoÉ Dinheiro, 2011) a defendem como sendo a única tecnologia capaz de substituir o consumo de carvão, principalmente nas usinas termelétricas. As centrais nucleares produzem quase 6% da energia mundial (ELETRONUCLEAR, 2012) e, assim mesmo, devido a grandes subsídios governamentais, quase sempre ajudando a fomentar o desenvolvimento tecnológico para fins militares.

Quando a Alemanha afirma que fechará todas as suas 17 usinas atômicas até 2022 (19 já foram desativadas), analistas lembram a influência que o partido verde exerce no governo alemão e que não é possível reduzir os quase 22% de sua matriz energética de cunho nuclear, mesmo dobrando a geração de energia renovável (eólica, solar e biomassa) que já atinge 18% (EIA, 2010). Se o próximo chanceler alemão seguir os passos de Angela Merkel, a Alemanha passará a realizar programas de economia de energia, colocando em risco a manutenção de seu grande parque industrial, abalando a estrutura econômica do país e, certamente, aumentará a geração de gases de efeito estufa, pois 60% de sua matriz energética vêm de combustíveis fósseis. Apesar de ter um dos melhores parques eólicos do mundo, os alemães já estão passando dificuldades com o desligamento de suas usinas atômicas, pois substituir 20 GW dessas instalações com as energias renováveis é difícil e, no inverno, quando a demanda aumenta, o problema fica maior. Para evitar blecaute recorrem a antigas usinas elétricas de gás, procurando conciliar energia limpa com confiável.

O carvão é o mais sujo dos combustíveis fósseis. Quando queimado libera enxofre, mercúrio e elementos radioativos. Sua fumaça causa efeitos prejudiciais à saúde humana como doenças respiratórias: tuberculose, bronquite, pneumonia e asma. Sua mineração destrói as paisagens, causa danos às florestas e polui o ar. Apesar dos problemas ambientais e de aquecimento global imputados ao carvão, nos Estados Unidos este setor envolve um lobby muito forte, dificultando as alterações na matriz energética norte-americana e na definição política. Heinberg (2009) diz que os três Estados com maiores extrações de carvão, Montana, Illinois e Wyoming lideram lobbies pela não taxação do seu produto e sempre votam unidos para eleger o presidente do país, alertando

aos candidatos para que não coloquem barreiras na comercialização do carvão e na redução de seu uso, aumentando a relação de problemas ambientais com as questões políticas.

Nos EUA, quase 50% de sua eletricidade provém do carvão fóssil. Apesar de ser uma matriz energética altamente poluidora não há motivo para se acreditar que será reduzida num futuro próximo. Heinberg (2009) informa que em todo o mundo o carvão é queimado nas termelétricas para gerar 40% da energia elétrica e com a redução da oferta de petróleo e gás, o uso do carvão irá aumentar ainda mais, com as conhecidas consequências indesejadas para o clima.

Até o ano de 1999, o uso de carvão foi contido pelos demais países com reservas dessa substância devido ao seu potencial poluidor e pelos preços baratos do petróleo e do gás, embora seu uso tenha aumentado em quase 50% nos dez anos posteriores.

Dos combustíveis fósseis, o gás natural é o menos poluidor e deve começar sua queda de produção dentro de aproximadamente 60 anos se mantiver os níveis atuais de consumo. O maior produtor e consumidor do mundo de gás natural, os EUA, com 22% do total, prevêem um aumento de 17% até 2030, e muitos analistas inconformados com as grandes compras de petróleo da OPEP, dinheiro que pode contribuir para financiar grupos árabes armados, insistem num maior aproveitamento do gás natural. A Europa prevê um aumento de 43%, também até 2030. A Índia considera que o uso de gás terá crescimento de pelo menos 5% e a China de 6,5%. Os aumentos no consumo desses dois países são anuais e, se considerarmos que crescimentos de 5% ao ano fazem dobrar a quantidade em 14 anos, estes incrementos implicarão no esgotamento das reservas mais cedo do que o estimado (KLARE, 2008).

De acordo com a BP (2010) apenas três países possuem juntos 53% das reservas mundiais comprovadas de gás natural, a Rússia com 23,7%, o Irã com 15,8% e o Qatar, um minúsculo país no Golfo Pérsico, com 13,5%.

Os Estados Unidos são grandes geradores de GEE não apenas por ter uma grande frota de veículos, mas por gerar mais da metade de sua energia elétrica utilizando combustíveis fósseis. Com apenas 5% de economia, os nor-

te-americanos poderiam evitar o gasto de mais de um milhão de barris de petróleo por dia. Heinberg (2009) acredita que a economia pode chegar a 20% com publicidade adequada e sensibilização da população. Naturalmente não estamos falando apenas de melhora na qualidade ambiental ou em aspectos de saúde, mas de quatrocentos milhões de dólares por dia de economia, o equivalente a quatro milhões de barris de petróleo.

A grande preocupação com as questões energéticas não é apenas pela necessidade de energia, embora essa aumente a cada dia, mas sobre o que o uso de combustíveis sujos e sua consequente poluição estão causando em nossa sociedade. Embora alguns céticos não acreditem no aquecimento global, é conhecido que os dez anos mais quentes desde que se começou a registrar as temperaturas em 1880 ocorreram depois de 1995 e que os cinco meses mais quentes foram os cinco primeiros de 2010 (FLANNERY, 2006; VEJA, 2011). O aquecimento planetário está desestabilizando diversas províncias com secas e alagamentos, mesmo que em regiões próximas umas das outras, com proliferação de vetores de doenças, subida do nível do mar que causa destruição das zonas costeiras e pelos refugiados ambientais que começam a aparecer oriundos de países cujas altitudes são baixas como partes do Bangladesh, Tuvalu e Vietnã.

Se não há certezas para dizer que o homem é responsável também não se encontra razões para dizer que não. A devolução de milhares de toneladas de carbono que estavam enterradas por milhões de anos na forma de carvão e petróleo vem alterando o clima. Existe uma forte correlação de que a grande quantidade de energia que está sendo liberada para a atmosfera na forma de calor repercute em aquecimento dos oceanos que ocasiona os tornados, furacões, tufões e trombas d'água, além de mais raios, geadas e chuvas mais severas. O aquecimento do planeta causa o derretimento dos pólos e de diversas geleiras pelo mundo a níveis nunca vistos. Nosso estilo de vida está alterando o planeta a ponto de não sabermos quais fenômenos são causados pelas influências humanas ou por causas naturais, embora esta segunda opção já esteja descartada por alguns cientistas em diversas situações.

Se os dados de depleção do petróleo estiverem corretos como indicam Violante (2012), Deffeyes (2009), Heinberg (2005), Campbell e Laherrère

(1998), em cerca de 40 anos não teremos mais petróleo, duas décadas mais tarde faltará gás natural, logo depois os combustíveis nucleares, o urânio entre eles e, dentro de uns 150 anos, o carvão será um luxo. À medida que um tipo de combustível começa a escassear, os outros serão mais exigidos e suas reservas reduzidas rapidamente. Nossas esperanças repousam nas energias limpas, renováveis as quais, hoje, representam menos de 1% do total mundial (IEA, 2010), e apresentam algumas dificuldades para serem implementadas.

É importante considerar o abandono do sistema energético baseado em carbono tanto quanto possível. Essa matriz suja que polui, esquenta e proporciona grande parte do crescimento econômico e da população humana, apenas enrodilha mais o homem na armadilha do insustentável, não se devendo confiar nesta energia por muitos anos. Embora a dependência seja muita, existe a sensação de que a energia fóssil está causando mais prejuízos que benefícios. Por ser um composto ainda relativamente barato pela energia que oferece, desestimula pesquisas sobre novos processos como a energia solar e o hidrogênio.

3.2 Fontes de energia renováveis

Para compensar o uso da energia fóssil que era, até o século passado, abundante e barata, apesar de poluidora, algumas indústrias, apoiadas por políticas governamentais e com sentimentos de que os combustíveis fósseis se tornariam caros e com possibilidades de escassez, começaram a pesquisar outras fontes de energias, procurando, tanto quanto possível, aquelas que fossem naturalmente abastecidas, quer dizer, um tipo de moto contínuo, que não se acabasse nunca, como o vento, geotérmica ou a energia solar, renováveis, portanto.

Dessa forma e resumidamente, podemos conceituar que a energia renovável é aquela que provém de recursos naturais como o sol, o vento, a chuva e do calor das profundezas da Terra, bem como aqueles produtos da biomassa

como a lenha, cana de açúcar, milho, algas entre outros que, através da fotossíntese, possam ser sempre produzidos.

Uma das formas de energia que usa o calor do sol para promover o ciclo de água e aumentar a vazão de rios e reservatórios é a hidrelétrica. O Brasil é o terceiro maior produtor de eletricidade por quedas d'água, logo atrás da China e do Canadá. Embora possua apenas 28% de seu potencial hídrico aproveitado, o país produz 78% de sua eletricidade (IEA, 2010) em mais de 2.000 usinas hidrelétricas. Até 2015 o governo brasileiro pretende construir aproximadamente 500 novas represas para geração de energia, entre pequenas e grandes, como verificado pela tabela 1. Estas usinas causam externalidades sociais e ambientais, seja com o deslocamento de milhões de pessoas para a formação do respectivo lago ou pelas mazelas com a destruição de habitats e perda de solos que poderiam ser aproveitados para a agricultura. Em face disso, é interessante lembrar-se das recomendações dos técnicos da EPE (2011) quando dizem que 12% da energia brasileira é desperdiçada e que se economizar a metade disso, poderia se evitar a construção de várias outras usinas em curto prazo. O Brasil poderia aumentar ainda em quase 10% sua capacidade de geração hidráulica com a repontenciação² de usinas hidrelétricas que já ultrapassaram sua vida útil e continuam funcionando e mais 10% cuidando e melhorando a manutenção das linhas de transmissão em grandes distâncias.

Os países desenvolvidos têm possibilidades de continuar se desenvolvendo economicamente sem aumentar sua poluição e o consumo de energia, considerando que seu parque industrial é grande o suficiente para suportar a demanda atual da população, que cresce pouco ou decresce no caso do Japão e da Alemanha. A Dinamarca pretende atingir 50% de sua matriz elétrica com energia eólica. A Islândia produz hidrogênio usando energia geotérmica.

Parte da população mundial mais esclarecida aposta nas energias alternativas ou limpas, geralmente definidas como as energias naturais que, após um breve tempo se recompõem como os biocombustíveis ou que sempre existirão como a energia das marés, geotérmica, solar e eólica. Embora se saiba que não existem reservas de hidrogênio na natureza para que se possa explo-

² Repontenciação: troca das turbinas antigas e obsoletas por modelos novos e mais potentes, geralmente em grandes usinas, com mais de 25 anos.

rar, este gás é considerado uma forma de armazenar energia e diversos otimistas acreditam que possa ser a "força" do futuro.

Autores como Lovelock (2010), MacKay (2008) e McCluney (2008) afirmam que as energias renováveis ou alternativas são apenas isso, alternativas, que não devemos apostar o futuro da humanidade nessas formas de geração, pois, no estágio de desenvolvimento tecnológico que se encontra a humanidade, é impossível suprir eficazmente nossa sociedade atual e suas atividades com esses recursos inconstantes.

Quando se fala em energias alternativas nos referimos em alternativas ao petróleo e, se possível, com emissão praticamente zero de gases de efeito estufa - GEE, eliminando assim, o carvão e o gás natural. Os recursos alternativos, incluindo eólica, solar e dos biocombustíveis, respondem por menos de 3% do total mundial, embora alguns países da União Europeia acreditem que no ano 2020, 20% de sua energia serão provenientes dessas fontes.

Embora o mundo tenha tendência a escassez de energia convencional nos próximos anos, o Brasil deve demorar mais algumas décadas para sentir esta carência, e os motivos são vários, desde o aproveitamento hidroenergético que pode aumentar mesmo sob pressão social contrária, quanto a produção de etanol; pela possibilidade de retirar algum petróleo do pré-sal e pela redução do consumo gerado pela economia da população como ocorreu no apagão de 2001. Qualquer oportunidade para aumentar a eficiência dos processos deve ser aproveitada e uma delas é a modificação dos custos do horário laboral, através de alterações na legislação trabalhista brasileira seguindo procedimentos já adotados por outros países.

As usinas hidrelétricas brasileiras têm orgulho de gerar energia limpa, sem emissão de CO₂ (há produção de metano nas áreas alagadas, devido ao apodrecimento de vegetais sob a água) e são, em sua maioria, consideradas usinas de ponta, isto é, trabalham preferencialmente de dia com a água que conseguiram armazenar com o fechamento das comportas durante a noite. Este sistema causa grandes externalidades aos rios e às comunidades vicinais. Da mesma forma que o lago à montante se enche à noite e perde sua água na geração de energia durante o dia, o rio, a jusante da barragem, sobe na passa-

gem de água durante o dia e desce, quando as comportas se fecham à noite. Essa variação pode chegar a vários metros de altura, prejudicando a desova de peixes, a pesca e assoreando o rio com a queda dos barrancos das margens, o que faz com que alguns dirigentes do IBAMA fiquem receosos de aprovar projetos de hidrelétricas com estudos de impacto ambiental insuficientes ou equivocados, pois esses fiscais passaram a responder penalmente por suas decisões.

A hidrelétrica levanta uma barreira artificial, geralmente onde ficam as turbinas, que impede os peixes de subir o rio e, mesmo quando a barragem possui escada para peixes, obrigando a estudos sobre o assunto nas obras atuais, apenas aqueles nadadores ativos conseguem subir para o lago à montante. Os menores e de comportamento sedentário não tem estímulo nem comportamento nadador para prosseguir, como descrito por Violante (2009) causando problemas à continuidade da espécie na porção do rio atingida (o lago) e/ou alterando bastante a composição da fauna íctia. Além disso, muitas espécies necessitam das cheias naturais como incentivo à desova, o que não mais ocorre quando o rio é barrado e o lago é formado.

Em contraposição às usinas de ponta, existem as usinas de base que produzem quantidades constantes de energia ao longo das 24 horas do dia, pois a água passa constantemente pelas turbinas e Itaipu no rio Paraná, divisa com o Paraguai é um bom exemplo. De acordo com os primeiros projetos a usina de Itaipu deveria ter 36 turbinas de 700 MW cada, delineada para ser uma usina de ponta, produzindo cerca de 25.200 MW, em vez dos atuais 14.000 MW. Acontece que à jusante da usina estão a Argentina e o Paraguai, países que demonstraram insatisfação com a ideia, pois as águas do rio Paraná também iriam ficar num intenso sobe e desce dificultando a navegação e assoreando partes do rio. A Argentina ameaçou o Brasil, não com armas, mas levantou a hipótese de aumentar as paredes de sua barragem mais próxima – laciretá, numa cota tal que inundaria a casa de força da Itaipu. Em vista disso, os técnicos brasileiros se deram conta dos absurdos arquitetônicos e tudo se resolveu: Itaipu ficou com suas 20 turbinas de 700 MW cada, uma das poucas barragens de base do Brasil. Ainda assim, o lago da Usina de Itaipu, um dos mais eficientes e menores em relação à capacidade instalada, inundou o salto

de Sete Quedas em Guaira, a 150 km ao norte, em linha reta da represa de Itaipu.

A energia é gerada quando se precisa dela. Como a energia, em grande quantidade, não pode ser armazenada deve ser usada ou será perdida. Assim, necessita-se uma ou duas usinas termelétricas a carvão ou de algum outro tipo para ficar de reserva no sistema para não haver sobressaltos no fornecimento. Atualmente, a melhor forma de se ter energia com a mesma quantidade de unidades geradoras é economizando. Indústrias e residências devem ter seus hábitos melhorados em direção a uma eficácia energética e uma boa maneira de se fazer isso é com publicidades e taxações e aumentos na conta de energia elétrica. Não se advoga mais impostos e sim mais consciência, menos poluições com menos usinas poluidoras, sejam elas quais forem.

Se o Brasil necessitar de mais uma unidade geradora, certamente avaliará os recursos que possui para poder construí-la, pode-se escolher entre hidrelétrica, nuclear ou termelétrica a carvão - as convencionais e, se possível, bem distante da nossa casa. Talvez a melhor escolha fosse nenhuma delas, justificando, dessa forma, o aumento nos níveis de economia do país ou, em outras palavras, uma alteração em nossa forma de pensar e viver.

3.3 Biocombustíveis

No filme Mad Max 3, na Cúpula do Trovão, o ator principal, Mel Gibson entrou no subsolo, cheio de porcos, em que funcionava a usina de metano que produzia energia para a toda a vila. O cheiro devia ser horrível devido às fezes dos porcos, mas é com estas fezes que a usina produzia o gás metano que gerava energia para Bartertown, a cidade das trocas. Para ser mais autêntico, todo o resíduo das plantas e grãos que alimentaria os porcos e também as fezes humanas deviam estar no recipiente produtor de gás. Horn (2010) diz que os cientistas estão trabalhando para fazer biocombustíveis como no filme Mad Max, mas usando grama e dejetos e que, em algumas décadas, todas as cida-

des terão grandes tanques repletos com algas e/ou dejetos orgânicos para a produção de gás, o biogás.

Os biocombustíveis são uma energia alternativa, natural e renovável, conhecidos como energia da biomassa, biodiesel, biogás e álcool etanol. São usados há milhares de anos tendo como origem os vegetais e os mais usados são madeira e suas variantes: esterco de gado, restos da agricultura como palha de milho, plantas aquáticas, bagaço da cana de açúcar e lixo. Cerca de 3% do suplemento mundial de energia provém dos biocombustíveis e a tendência de dobrar ou mesmo triplicar esbarra em obstáculos quase intransponíveis como disponibilidade de terra para o plantio da matéria-prima, sejam o milho, a beterraba ou a cana-de-açúcar para a produção de etanol ou colza, girassol e soja para o biodiesel, os elementos tradicionais.

No Brasil, o interesse no plantio de cana-de-açúcar para a produção de etanol se reflete nas grandes colheitas, totalizando mais de 650 milhões de toneladas contra quase 75 milhões de toneladas de soja, o segundo maior produto cultivado no ano de 2011, deixando o milho em terceiro com cerca de 56 milhões de toneladas (IBGE, 2012).

Antes do século XIX a biomassa – grosso modo a lenha, era a principal energia utilizada, embora muitos países como o Haiti e a China já tenham destruído parte importante de suas florestas para prover energia para diversos fins, como cozinhar, aquecer e erguer construções. Este uso necessário e indiscriminado faz com que o recurso não tenha tempo de ser repostado na quantidade adequada para uso contínuo, ocorrendo a desnudação do terreno, com consequente lixiviação e empobrecimento do solo. Com isso os vegetais têm dificuldades de se fixar ao solo, os ventos varrem a terra desprotegida e, em algumas áreas, ocorre desertificação. As populações animais sofrem com as tempestades de areia, pela falta de habitats, ocorrendo redução drástica da biodiversidade.

A necessidade de uso de material de combustão faz com que na Índia, por exemplo, 200 milhões de toneladas de esterco de vaca sejam queimados anualmente para cozinhar. Apesar do cheiro exalado não ser dos melhores, priva o solo do retorno dos nutrientes e produz nuvens de poluição. Em outros

lugares, a quantidade de madeira queimada para suprir energia básica é tão grande que as árvores de porte estão se tornando escassas e em alguns países da África as pessoas estão reduzindo o cozimento de suas refeições para uma por dia.

Os maiores avanços tecnológicos residem na elaboração de motores automotivos e industriais para serem usados com álcool e biodiesel. O biodiesel é produzido através da transesterificação que é a adição de um álcool (metanol, etanol, propanol ou butanol) e catalisadores ao óleo vegetal descartado de frituras de restaurantes ou mesmo produzidos nas fazendas com o produto das plantações como soja, milho ou ainda mamona. Tem a vantagem de ser barato e, quando queimado nos veículos, produz poucos poluentes, quase 90% menos CO₂, menos matéria particulada e deixa um cheiro que lembra o de batata fritas.

Já o álcool é produzido pela fermentação de matéria orgânica. No Brasil, o etanol é feito de garapa, o caldo extraído da cana-de-açúcar, pela fermentação do açúcar contido na cana. Outros países usam como matérias-primas o milho, a mandioca e a beterraba. Nestes casos é necessário transformar o amido destes alimentos em açúcar, antes da fermentação, aumentando os custos e reduzindo o rendimento do processo, quando comparado à fermentação direta do caldo da cana. Está em estudo a produção de álcool de celulose, traduzindo como praticamente qualquer tipo de vegetal, das ervas daninhas às gramas e aos matos rasteiros, embora já se conheça os métodos de fabricação industrial, este ainda é caro em relação às outras matérias-primas disponível.

Embora o álcool seja um combustível mais limpo que a gasolina, sempre foi mais caro que esta, e não teria sobrevivido no Brasil ou em outros países, sem os enormes subsídios governamentais. Apesar de o governo brasileiro ter reduzido os subsídios quase à zero, este setor, por ser um agronegócio, as usinas de álcool ainda se beneficiam de apoios financeiros. Os subsídios eram necessários por que o álcool combustível tinha quase o mesmo preço que a gasolina e rendia um pouco menos. Logo após a crise do petróleo de 1973, o Brasil procurou alternativas ao ouro negro, pois importava 80% do que consumia (MICHELLON *et al.*, 2008) e como é grande a relação do aumento do preço do barril de petróleo com o aumento de preços em geral, principalmente dos

alimentos, a inflação tenderia a aumentar. Pensando em reduzir a dependência externa do petróleo, o país desenvolveu o Programa Nacional do Álcool – PRO-ÁLCOOL em 1975, apoiado em subsídios e financiamentos públicos através da Petróleo Brasileiro S/A – PETROBRÁS, que realizava a compra, transporte, armazenamento, distribuição e mistura do etanol a gasolina, e também a determinação do preço de venda do produto. Embora não pareça muito, a Petrobrás possui mais de 35 anos de experiência, vantagem que permite fazer uso e trabalhar com o álcool melhor do que os demais países. Muitos desses se deram conta da importância de adicionar álcool à gasolina, pela redução de poluição e economia, embora pretendam manter concentrações menores que a usada no Brasil que é de 18 a 25% de etanol, conforme a legislação.

Com o segundo choque do petróleo em 1979, o programa foi ampliado, priorizando a produção de álcool hidratado como combustível substituto à gasolina, elaborado em destilarias autônomas e anexas as usinas. O governo passou então, a estimular o consumo de álcool oferecendo isenções fiscais para a aquisição dos veículos movidos exclusivamente a etanol. Atualmente, mais de 85% dos automóveis de passeio e mais de 65% dos comerciais leves são do tipo *flex*, que aceitam apenas álcool ou gasolina ou uma mistura dos dois. Nos Estados Unidos já existe uma mistura similar a que ocorre no Brasil, na qual, em algumas estações de serviço, a gasolina comum, tipo E10, vem misturado com 10% de etanol. Já o combustível tipo E85 é mais álcool que gasolina, pois tem 85% de álcool e não deve ser usada nos carros regulares, apenas nos 3% de carros *flex* existentes no país.

De acordo com Horn (2010) os EUA lideram a produção de etanol no mundo com 35 bilhões de litros para uma frota de cerca de 300 milhões de veículos, enquanto o Brasil está em segundo lugar em produção de etanol com 25 bilhões de litros e uma frota de pouco mais de 32 milhões de veículos que usam todos os tipos de combustíveis. Esta grande diferença faz com que o programa de álcool brasileiro tenha grande sucesso, pois possui bombas de abastecimento apenas com etanol, mas poderá ter sua situação complicada com a duplicação da frota nacional, já que em 2010 licenciou mais de 10% do total, mais de 3,5 milhões de veículos novos (ANFAVEA, 2011). Ainda assim, em determinadas ocasiões, o Brasil precisa comprar um pouco de álcool dos

vizinhos. Os norte-americanos além de subsidiar o ineficaz álcool de milho, devido a sua grande frota e consumo, têm dificuldades para elevar o teor de álcool adicionado a gasolina ou de aumentar a percentagem de automóveis do tipo *flex*.

Entretanto, o álcool feito de milho pelos norte-americanos custa bem mais que a produção de um litro de gasolina e, para incentivar o uso, o governo dos Estados Unidos subsidia alguns custos para mantê-lo baixo, já que tem menos energia que a mesma quantidade de gasolina. O grupo ambientalista Amigos da Terra mostraram que os EUA gastaram quase 10 bilhões de dólares para suportar a produção de etanol em 2008 (HORN, 2010), e ainda assim, impõe restrições à importação de álcool de países como o Brasil.

Uma reclamação frequente dos ambientalistas é que a área plantada para o cultivo de vegetais para a produção de biocombustíveis poderá reduzir a área para a produção de alimentos afetando pessoas mais carentes. Com olhar aguçado, ver-se-á pelo menos dois lados deste argumento, que possui certo teor de verdade: a quantidade de etanol produzida pelos norte-americanos é muito grande, mas insuficiente para sua frota, tendo muito que crescer para alcançar 10% do total de automóveis em uso no país com o combustível E85, o que demandará mais solo fértil e mais insumos agrícolas.

Um segundo ponto é que os preços de alguns itens alimentares já aumentaram, expondo outro relevante problema relacionado a uma maior e melhor distribuição de renda, pois existem alimentos disponíveis, porém o mais pobre não tem dinheiro suficiente para adquirir alimentos.

O milho, importante cereal cultivado em quase todo o mundo, atualmente é usado para três finalidades distintas: alimentação humana, ração animal e matéria-prima para combustíveis. Em 2007, o *bushel*, unidade de peso usado nos EUA para a venda de soja e milho equivalente a 27,21 Kg, passou de US\$ 1,80 para US\$ 4,57 em apenas um ano devido ao uso do milho para produção de etanol, enquanto diversos criadores de animais sofriam com a falta do produto ou com os preços que triplicaram de um ano para outro. Os subsídios pagos pelo governo norte-americano para os produtores de etanol estão causando uma corrida para a criação de novas usinas de álcool, enquanto os produto-

res de milho nunca viram o preço de seu produto tão alto. As usinas de produção de álcool consomem 30% da safra norte-americana de milho, contra apenas 10% em 2002. Mas os preços também são alavancados pelas constantes quebras de safra na Austrália e ao aumento do consumo de carne em diversos países em desenvolvimento como a China e a Índia. Os produtores de carne e laticínios estão vendo seus lucros caírem, enquanto nos supermercados, os consumidores de milho e seus derivados estão reclamando dos preços altos. Os Estados Unidos estão numa encruzilhada, tendo que escolher entre ter o milho como alimento ou como combustível. Enquanto os salários praticamente não aumentam a cinco anos, o combustível mais que dobrou, fazendo com que os preços de quase todos os outros produtos também aumentassem (ROBERTS, 2009).

A produção de carne é o maior consumidor de milho em todo o mundo, apenas o setor pecuário utilizou mais de 670 milhões de toneladas dos dois bilhões de toneladas produzidas anualmente. Como a segurança energética é um ponto fundamental na política nacional dos países, estes querem produzir seu próprio etanol, ainda que gastando muito mais em subsídios do que pagariam para que outros países o produzam. A produção de etanol a partir de plantas não comestíveis ainda não está suficientemente desenvolvida e o etanol de milho ou beterraba é bem menos eficiente do que o etanol de cana-de-açúcar, mas o pensamento racional perde para os interesses políticos dos governos e para os lobbies dos setores organizados da economia como o da agroindústria.

A indústria álcoolquímica nas biorrefinarias está a pleno vapor fabricando diversos produtos, não apenas por ser mais sustentável ecologicamente, mas pela ótima relação custo/benefício. Diversos artigos são fabricados no país com base no etanol como os derivados acéticos – semelhante ao nosso vinagre e cumpre muito bem algumas das funções do ácido sulfúrico nos processos industriais. É usado para se extrair antibióticos na indústria medicinal e funciona como ingrediente de compostos adesivos e lacas, inseticidas e germicidas, substituindo de forma adequada os compostos anteriormente usados oriundos do petróleo. O butanol da cana-de-açúcar – um álcool claro com cheiro forte sufocante é usado como solvente na produção de tintas de impressão, corantes, detergentes, couros artificiais e até explosivos. O polibutadieno – uma bor-

racha de elevada resistência à abrasão e flexibilidade a baixas temperaturas, é bem resistente a altas temperaturas, boas na produção de pneus. Muitos outros derivados ainda são fabricados com o etanol, como a acetona, o eteno, o cloreto de etila e o éter dietílico.

Para o etanol ser um substituto para a gasolina como combustível nos EUA, 97% da área do país devia ser plantado com milho, o que é impossível. Para Dias (2008) a dimensão da matriz energética atual é tão grande que substituir apenas 10% do consumo mundial de gasolina implicaria no uso adicional de quase 20 milhões de hectares cultivados com cana-de-açúcar aos maiores níveis de eficiência do mundo, a do centro-sul do Brasil, alerta. O mesmo ocorre para uma suplementação do biodiesel em 10% que, neste caso, usando a eficiência do óleo de palma da Malásia, a relação mais alta do mundo, necessitaria de mais 40 milhões de hectares ao já plantado atualmente. Se estas áreas, que são consideradas nobres para o plantio, forem tomadas da agricultura convencional, fará com que o preço dos alimentos aumente.

Quanto mais um produto agrícola tem seus preços majorados pelo mercado, mais produtores recorrem ao plantio deste item, abandonando culturas anteriores que, depois de certo tempo, voltam a ser rentáveis. O Brasil é um país que, apesar de ser criticado pelos ambientalistas por aumentar sua fronteira agrícola para áreas de cerrado ou de floresta, ainda pode fazer crescer suas áreas de produção sem avançar demasiado sobre áreas pouco impactadas. Nos EUA quase todas as terras aráveis já estão em uso e, sem um projeto mais amplo, mesmo Estadual ou nacional, muitos agricultores passam a plantar o produto que rende maiores lucros em detrimento a outros. Com os crescentes preços do milho, este passa a ser a cultura preferida do homem do campo. Quem plantava soja ou algodão, por exemplo, passou a cultivar milho ou um misto de culturas. O desabastecimento desses produtos juntamente com o trigo e o sorgo fizeram com que estes preços subissem, elevando o preço de quase todos os artigos agrícolas, tudo isso devido à imensa sede mundial de combustíveis, neste caso os biocombustíveis.

Uma das considerações mais importante sobre o etanol e que pode levar à falência projetos em diversos países do mundo é a que Pimentel e Pimentel (2008) têm afirmado com suas pesquisas sobre a relação energética do etanol

produzido de forma convencional. A promessa de que o etanol é uma alternativa viável de combustível é exagerada porque não é economicamente viável, pelo menos não o etanol de milho, uma das plantas com baixíssimas taxas de conversão em álcool combustível. Em um artigo na *Encyclopedia of Physical Sciences and Technology*, Pimentel e Pimentel (2008) afirmam que a produção de etanol de milho demanda quase tanta energia do que a energia que fornece (ACFNEWSOURCE, 2010; FRBATLANTA, 2010), com um EROEI quase igual a um. Para ele a produção de etanol de milho não compensa em termos energéticos.

Em termos de comparação, o etanol de cana de açúcar tem uma conversão energética bem maior do que o etanol de milho ou de beterraba. A cada unidade de energia fóssil despendida na produção do etanol de cana-de-açúcar são produzidas 8,9 unidades de energia renovável. Trata-se do melhor balanço energético entre todos os combustíveis líquidos de biomassa do planeta. No processo de produção do etanol de milho, nos EUA, a relação é de apenas uma unidade por 1,3 de álcool (ACFNEWSOURCE, 2010; FRBATLANTA, 2010; BOURNE, 2007). No etanol de beterraba ou trigo dos demais países europeus, a relação é próxima de 1,5 (ECOPRESS, 2010).

Ainda assim, Pimentel e Pimentel (2008) acreditam que, nas análises efetuadas para os cálculos do EROEI do milho, não se levam em conta os custos e a logística da mistura à gasolina e do produto entregue nas bombas, o que faz com que o EROEI diminua ainda mais. Em todo caso, os benefícios de um composto que, adicionados a gasolina, reduz a poluição é interessante, pois nunca se mensurou as externalidades que o uso dos combustíveis fósseis causam ao ambiente e à saúde.

O National Petroleum Council (2007) assessor federal do secretário de energia dos EUA, em seu relatório recomenda, entre outras coisas, que se deva moderar o crescimento da demanda de energia aumentando a eficiência dos transportes e do uso em residências, no comércio e indústria. É uma forma de economizar energia é conter o desperdício, o consumo excessivo. Entretanto, qualquer sociedade com restrições de energia nos moldes de como vivemos hoje, terá, necessariamente, limitações em seu crescimento econômico.

Contudo todo ganho de eficiência tem seus problemas, como apontado por Jevons³ no século XIX, que quanto mais eficientes são os motores mais o sistema gasta combustíveis, pois as máquinas são usadas por mais tempo ou adicionam-se mais motores ao sistema, fazendo com que a economia conseguida se desvaneça, ou seja, quanto mais eficientes são os automóveis, mais se compram e se usam. Faz parte do *marketing* e das indústrias procurarem obter o melhor custo benefício de suas máquinas e a sociedade prefere adquirir produtos eficientes. Mas as ideias de Jevons entram em sintonia com as de Hardin (1968) quando focam a questão da consciência humana de que existem limites, tanto para as áreas de pastagens quanto para a finitude dos combustíveis.

O melhor conselho para as regiões é aproveitar o conjunto de energias alternativas disponíveis no local, cada país maximizando seus recursos, seja hídrico, eólico, solar, geotérmica entre outros. Como quase toda a energia gerada por quedas d'água e por as outras fontes não podem ser armazenadas (na forma de uma grande bateria) é necessário ser usada no momento da produção. Dessa forma, deve-se transformar toda a energia excedente dessas fontes em hidrogênio (a grande bateria) que poderá ser reaproveitada mais tarde em diversos tipos de trabalho.

Carey (2008) diz que existem vantagens para que os combustíveis fósseis sejam caros: além das pessoas usarem menos, vão procurar substitutos mais limpos e desenvolver novos suprimentos. Além disso, combustível caro é um poderoso medicamento, pois evita doenças relacionadas à poluição faz com que as pessoas andem mais a pé ou de bicicleta, reduzindo a obesidade e a mortalidade por acidentes de trânsito.

³ William S. Jevons, economista inglês (1835 – 1882) escreveu que *“É um completo engano supor que um uso mais eficiente dos combustíveis implicará numa redução do seu consumo. A verdade é precisamente o oposto.”*

3.4 Biogás agrícola

Conforme Deublein e Steinhauser (2008) indicam, a utilização de águas residuais e dos conhecidos recursos renováveis para o fornecimento de energia não é novidade e já era conhecido antes do nascimento de Cristo.

Mesmo por volta de 3.000 a.C. os sumérios praticavam a purificação anaeróbia de resíduos. O romano Plínio em torno de 50 a.C. descreveu algumas luzes cintilantes aparecendo debaixo da superfície de pântanos.

Em 1776 Alessandro Volta coletou gás do Lago Como para examiná-lo e suas descobertas mostraram que a formação do gás depende de um processo de fermentação e que o gás pode formar uma mistura explosiva com o ar.

O físico Inglês Faraday também realizou algumas experiências com gás de pântano e hidrocarbonetos. Um pouco mais tarde, por volta do ano de 1800, Dalton, Henry, e Davy descreveram a estrutura química do metano (CH_4), sendo sua estrutura química final elucidada por Avogadro em 1821.

Na segunda metade do século XIX, pesquisas foram iniciadas na França para entender melhor o processo de fermentação anaeróbia. O objetivo foi simplesmente suprimir o mau odor liberado por piscinas de águas residuais. Durante as investigações, os pesquisadores detectaram alguns dos microorganismos que hoje são conhecidos como sendo essenciais para o processo de fermentação. Béchamp, em 1868, identificou que uma população mista de microorganismos é necessária para converter o etanol em metano, uma vez que vários produtos finais foram formados durante o processo de fermentação, em função dos diferentes substratos (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

Em 1876, Herter relatou que o acetato encontrado em efluentes, estequiometricamente forma metano e dióxido de carbono em quantidades iguais (GUNNERSON, 1986). Em 1884, Louis Pasteur produziu biogás a partir de esterco de cavalo coletado nas ruas de Paris. Conseguiu produzir 100 litros de metano a partir de um metro cúbico de esterco fermentado a 35 C°. Pasteur afirmou que esta produção deve ser suficiente para cobrir as necessidades de energia para a iluminação das ruas de Paris. Nesse momento começou-se a aplicação da energia a partir de recursos renováveis.

Enquanto Pasteur produzia energia de esterco de cavalos, em 1897 as lâmpadas das ruas de Exeter, Inglaterra, foram acesas com gás produzido com águas de esgoto. Este desenvolvimento sugere que mais e mais biogás pode ser produzido por usinas de purificação anaeróbica de águas residuais. Até a segunda guerra mundial, o uso de biogás aumentou progressivamente e muito esforço foi despendido em desenvolver sistemas mais eficientes como gasômetros em forma de sino flutuante, misturadores mais eficientes e sistemas de aquecimento para aumentar o rendimento das bactérias. Na Europa, biodigestores esféricos agitados com roscas transportadoras verticais intermitentes e coletores laterais eram preferidos. Deublein e Steinhauser, (2008), afirmam que os Estados Unidos optaram por recipientes cilíndricos simples utilizados com fundo plano, com sistemas circulares de mistura de forma contínua e tubos coletores no topo.

Em 1970, a demanda por biogás aumentou devido à crise do petróleo. O número de instalações subiu para 15 na Baviera e para 10 em Baden - Wuerttemberg, Alemanha. Na Europa, na década de 1990, a tecnologia do biogás foi estimulada por duas principais razões: a) a rentabilidade da utilização da energia do biogás e; b) a gestão da reciclagem e a implementação da lei para evitar o desperdício em 1994, resultando em custos mais elevados para o descarte de resíduos.

Apesar dos altos custos das instalações, o setor agrícola aprendeu a usá-los e rentabilizá-los. Em 1997 a Dinamarca possuía 22 usinas de biogás acima de 2.500 toneladas/ano, processando 1.396.000 toneladas enquanto a Alemanha possuía 39 usinas, processando 1.081.700 toneladas (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

Em 2000, na Europa, a lei de "Energias Renováveis" que declarou as regras para o subsídio da potência fornecida por instalações de biogás, tornou-se eficaz. Ao longo dos últimos anos, o número de instalações de biogás tem sido continuamente crescente, especialmente após a implementação de subsídios cada vez maiores (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

A necessidade de obtenção de energia e a procura de se evitar a exalação de gases de efeito estufa, fez com que o ser humano aproveitasse o bio-

gás, nem que seja para simplesmente queimá-lo. Ao reproduzir a produção natural de biogás em sistemas com condições adequadas e com controles de parâmetros para a manutenção e crescimento das bactérias, o homem passou a fazer melhores usos do biogás.

De acordo com o ICLEI (2009), 50% da população mundial vive nas cidades e espera-se aumentos de 1,78% ao ano, o que acarreta diversos problemas, entre eles a geração de lixo e, devido às formas de descarte, gera demasiada quantidade de metano, um dos piores gases de efeito estufa.

Devido à grande quantidade de matéria orgânica gerada nessas metrópoles, é possível fazer a captação do metano e, para evitar que escapem para a atmosfera, pode-se simplesmente queimá-lo, sem ao menos o usarem para aquecer qualquer utensílio, embora poucas capitais de Estado direcionem este gás para usinas de geração de energia elétrica, queimando-o num motogerador.

3.5 Produção de biogás

O Biogás é um gás combustível proveniente da degradação da matéria orgânica, composto de hidrocarbonetos gasosos, entre eles o metano, etano, propano e butano, sendo que o mais abundante é o metano (CH_4). Sua composição pode variar conforme a fonte do material orgânico utilizado em sua geração ou devido a contaminações. O biogás comercial geralmente é captado em aterros sanitários ou induzido em biodigestores rurais.

Diferencia-se do Gás Natural por este ser um combustível fóssil que se encontra na natureza, normalmente em reservatórios profundos no subsolo, associado ou não ao petróleo. Também é resultante da degradação da matéria orgânica, fósseis de animais e plantas mortos a milhões de anos. Armazenado em bolsões subterrâneos, é retirado através de perfurações. Como o biogás, é volátil, inodoro e incolor.

A maior parte da produção de biogás usada comercialmente no Brasil é proveniente da matéria orgânica de aterros sanitários. Na produção de biogás, bactérias estão associadas aos processos bioquímicos de digestão.

Na geração do biogás, bactérias anaeróbias estão presentes e usam a matéria orgânica como fonte de energia produzindo metano. Juntamente com este gás ocorrem também carboidratos, lipídios, proteínas, enxofre, dióxido de carbono e amônia.

Parte significativa do dióxido de carbono (CO_2) se liga à amônia (NH_3) numa proporção que varia de 55 a 70% de metano (CH_4) e de 30 a 45% de CO_2 além de possuir traços de outros gases, conforme o substrato usado na produção.

De acordo com Gunnerson (1986) a degradação da matéria orgânica para a produção de metano depende da complexa interação de três grupos diferentes de bactérias. O primeiro grupo é constituído por uma mistura de bactérias de fermentação, por vezes chamados formadores de ácidos, os quais hidrolizam os compostos orgânicos complexos em compostos simples, tais como ácidos graxos de cadeia curta e de alcoóis. O segundo grupo, também acetogênicas, produz acetato e hidrogênio. O terceiro grupo, conhecido como metanógenos, convertem os produtos intermédios em metano e dióxido de carbono. No biodigestor, esses grupos de bactérias devem estar em equilíbrio dinâmico e harmonioso. As alterações nas condições ambientais, tais como as variações de temperatura, ou de cargas, de choque, e de substrato podem afetar este equilíbrio e resultar na acumulação de compostos intermediários, tais como os ácidos graxos de cadeia longa e de hidrogênio, que inibem o processo global. Esses problemas devem ser corrigidos para que o desempenho do biodigestor não se reduza.

Nos aterros sanitários, os vários componentes dos dejetos sólidos municipais encontrados são degradados anaerobicamente a diferentes taxas. Por exemplo, resíduos de alimentos se decompõem mais rapidamente do que os produtos de papel. Normalmente couros, borrachas e plásticos, embora com componentes orgânicos, resistem à degradação biológica. Alguns materiais lignocelulósicos, plásticos, tecidos e outros materiais orgânicos são muito resis-

tentes à decomposição por organismos anaeróbicos e apenas pequenas quantidades dos materiais orgânicos, mesmo digeridos anaerobicamente, são utilizados no processo de fabricação de novas células microbianas e, portanto, não contribuem para a produção de gás.

O biogás resulta da degradação microbiana da biomassa formada pela fotossíntese, decorrente da luz solar na famosa fórmula:



Em que resumidamente, os vegetais captam gás carbônico e água na presença de luz transformando em glicose (açúcar) e oxigênio.

Processos metabólicos nas plantas transformam a glicose em batata, soja, feijão, milho, frutas e outros produtos secundários:

- Carboidratos: amido, inulina, celulose, açúcar, pectina;
- Gordura: ácidos gordos, óleos, fosfolipídeos, ceras, caroteno;
- Proteínas: nucleoproteínas, fosfoproteínas;
- Outros: vitaminas, enzimas, toxinas, resinas, óleos essenciais.

Esses produtos secundários, processados por animais ou em natura, podem ser usados para produzir o biogás em estruturas específicas como biodigestores.

Estas estruturas são basicamente câmaras, tanques fechados em concreto, ferro, fibra de vidro entre outros (figuras 2 e 3), em que se inserem matéria orgânica, geralmente esterco animal, para serem degradadas por bactérias específicas. A degradação também é conhecida como fermentação anaeróbica. Como resultado desta fermentação ocorre a liberação de biogás e a matéria orgânica processada torna-se um fertilizante valioso para o homem do campo.

Apesar de serem construções simples, os biodigestores devem seguir algumas normas para melhor eficiência e proteção, tais como, por exemplo, o cimento armado deve estar livre de fissuras e ser resistente durante a fermentação e ao longo de todo o período de utilização. O substrato ácido e o dióxido de carbono podem penetrar e corroer o cimento. O dióxido de carbono converte o hidróxido de cálcio do cimento em carbonato de cálcio. O valor de pH do cimento em torno dos reforços diminui para valores inferiores a 9, fazendo com

que a estrutura metálica comece a corroer. Devem-se evitar também cantos com ângulos acentuados que possam reter parte do gás.

Como o processo da biodigestão é realizado de forma anaeróbica, sem oxigênio, e o biogás é volátil e pode escapar para a atmosfera, é imprescindível que o biodigestor seja hermeticamente vedado. Outra consideração importante na produção do biogás é a temperatura no interior do biodigestor, pois as bactérias são sensíveis às alterações da temperatura, tendo que assegurar que a mesma fique sempre acima de 15° Celsius, se possível o mais perto de 45°C.

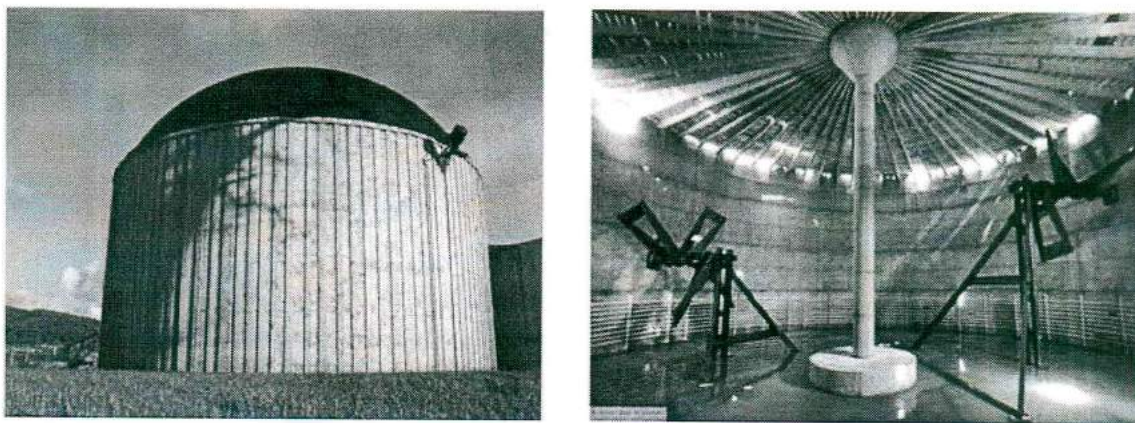


FIGURA 2. Modelo de Biodigestor de concreto na Europa. À direita vista interna com aquecedores e agitadores. Deublein; Steinhauser (2008).

Nos biodigestores forma-se gás e o resíduo orgânico processado pelas bactérias é um biofertilizante que contém nitrogênio, fósforo e potássio que pode ser usado diretamente na adubação. Este método pretende resolver parte de problemas como a grande quantidade de esterco animal decorrente da concentração de animais em regiões produtoras e atender a algumas dificuldades referentes ao aquecimento global que é a exalação de metano para a atmosfera⁴. Esses gases podem gerar divisas para o produtor que, devidamente comprovado por certificadores independentes, atestarão que sua unidade destrói (queima) estes gases que aumentarão o efeito de estufa ou que serão armazenados para uso posterior.

O biodigestor (figura 3) é formado por uma câmara para fermentação e com teto impermeável, servindo para armazenar o biogás. A pressão em seu

⁴ Sabe-se que todos os animais exalam metano, inclusive o homem. O gado bovino e o suíno exalam enormes quantidades de metano seja pelos arrotos ou pela flatulência, mas não é assunto deste trabalho.

interior, devido ao acúmulo de biogás, fará com que ocorra deslocamentos dos efluentes da câmara de fermentação para a caixa de descarga.

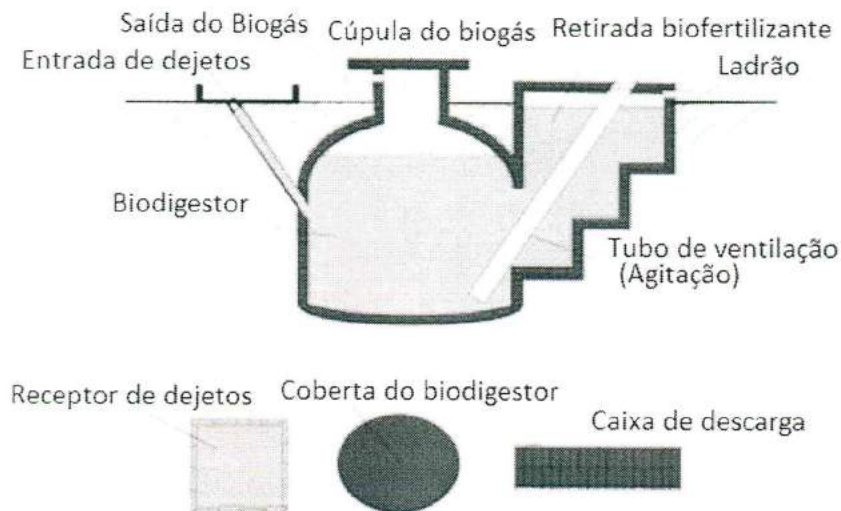


FIGURA 3. Modelo de Biodigestor tipo chinês. Adaptado de Deublein; Steinhauer (2008).

Nesses sistemas a biomassa entra por um lado e permanece durante cerca de 30 dias, conforme a temperatura, sob a ação das bactérias metanogênicas que produzirão gás metano. O gás é captado na cúpula do biodigestor e os resíduos do processo, o biofertilizante, são retirados por outro lado como apresentado na figura 3.

Para efeito de comparação e melhor quantificar o preço do gás rural, um metro cúbico de biogás corresponde a 0,61 litro de gasolina, a 0,80 litro de álcool e a 0,55 litro de óleo diesel (POMPERMAYER; PAULA JÚNIOR, 2003), ou seja, por estes dados, o metro cúbico custa cerca de R\$ 1,83. Usando o biogás em grandes criadouros de porcos ou em usinas de cana-de-açúcar, por exemplo, pode-se economizar em combustíveis fósseis e também preservar o meio.

De acordo com a ANEEL (2012), existem 19 empreendimentos conhecidos como Usinas Termoelétricas de Energia funcionando a biogás, seja em aterros sanitários (os nove maiores da tabela 3), seja de resíduo animal ou de biomassa proveniente de unidades de tratamento de água (dez usinas). Esta última funciona em Foz do Iguaçu num projeto piloto, produzindo 20 kW.

Dos 78.278 kW descritos pela ANEEL (2012), apresentados na tabela 3 e gerados por biogás no Brasil, 77.174 kW são provenientes das nove usinas de aterros e perfazem 98,6% do total gerado no país. Os restantes 10 empreendimentos são bem menores, de origem agrícola, gerando apenas 1.104 kW.

TABELA 3. Usinas termelétricas a biogás.

USINAS do tipo UTE em Operação			
Usina	Potência (kW)	Proprietário	Município
ETE Ouro Verde	20	Cia de Saneamento do Paraná – Sanepar	Foz do Iguaçu, PR
Energ-Biog	30	Biomass Users Network do Brasil	Barueri - SP
Un. Ind. Vegetais	40	Cooperativa Agroindustrial Lar	Itaipulândia - PR
Granja São Pedro/Colombari	80	José Carlos Colombari	São Miguel do Iguaçu - PR
Granja Makena	80	Altair Olimpio de Oliveira	Patrocínio - MG
Ajuricaba	80	Prefeitura Mun. de Mal Cândido Rondon	Mal Cândido Rondon - PR
Fazenda Nossa Sr ^a do Carmo	80	Sérgio Elias Saraiva	Ituiutaba - MG
Star Milk	110	Ibrahim Faiad	Céu Azul - PR
Un. Ind. de Aves	160	Cooperativa Agroindustrial Lar	Matelândia - PR
Granja S. Roque	424	não identificado	Videira - SC
Cetrel Bioenergia	874	UTE Cetrel Bioenergia JB	Cachoeirinha - PE
Ambient	1.500	Ambient Serv. Ambient. Ribeirão Preto S.A	Ribeirão Preto, SP
Arrudas	2.400	Cia de Saneamento de Minas Gerais	Belo Horizonte, MG
Uberlândia	2.852	Energas Geração de Energia Ltda	Uberlândia - MG
Geo Tamboara	3.980	Geo Elétrica Tamboara Bioenergia Ltda	Tamboara - PR
Asja BH	4.278	Consortio Horizonte Asja	Belo Horizonte - MG
Salvador	19.730	Termoverde Salvador S.A.	Salvador - BA
Bandeirante	20.000	70% Biogeração Energia S/A 30% União de Bancos Brasileiros S.A.	São Paulo - SP
São João Biogás	21.560	São João Energia Ambiental S/A	São Paulo - SP
Total: 19 Usina(s)		Potência Total: 78.278 kW	

Fonte ANEEL (2013).

Existem algumas dúvidas sobre as questões políticas envolvendo projetos de geração de energia em pequenas propriedades rurais que usam dejetos de animais para a produção de biogás. Poucos animais, até quinhentos suínos, por exemplo, não produzem esterco em quantidade para fazer funcionar um gerador de energia, muito menos para arcar com os custos decorrentes desse empreendimento.

De acordo com Galinkin (2009) e Martins e Oliveira (2011), necessita-se de 25m³ de biogás para fazer funcionar um motogerador de 50 kVA durante uma hora. Como a média de produção de biogás por animal/dia é de 0,16 m³, é

preciso cerca de 157 animais para movimentar o motogerador por uma hora ou 1.570 animais para o motogerador funcionar por dez horas. Estes cálculos estão superdimensionados, pois a perda de eficiência é grande, fazendo com que Galinkin (2009) mencione 3.834 suínos com aproveitamento de 75%, embora Martins e Oliveira (2011) tenham encontrado que os dejetos de 4.167 animais produziram 250 m³ de biogás para um tempo de retenção hidráulica de 30 dias, fazendo com que o motogerador funcionasse durante dez horas todos os dias.

Para que estes cálculos sejam corretos deve-se levar em conta:

1. a temperatura;
2. a composição química do resíduo;
3. impermeabilidade ao ar;
4. pH;
5. alcalinidade;
6. produção e consumo de ácidos orgânicos;
7. nutrientes e demais interferentes como antibióticos, inseticidas e desinfetantes que podem entrar no biodigestor juntamente com o esterco e inibir a atividade biológica, diminuindo a capacidade da estrutura em produzir biogás.

A legislação que oferece fundamentos legais à sanidade rural estão apresentados na Instrução Normativa (IN) 100.001 e 100.002, na Legislação Federal IN Nº 8, de 25 de março de 2004 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, na Legislação Estadual do Paraná Lei Complementar nº 4/75 e Decreto nº 3.641/77 que dispõe sobre o Código Sanitário; Decreto nº 6.120/85 que dispõe sobre a preservação do solo agrícola; Lei nº 11.504/96 e Decreto no 2.792/96 que dispõe sobre a Defesa Sanitária Animal, essas diretrizes impõem, entre outras coisas, que os dejetos animais sejam beneficiados em estruturas de degradação microbiana para, depois de cerca de trinta dias de fermentação, serem lançados em bacias de decantação e usados como adubo na lavoura.

O escasso gás produzido pelo criador de poucos suínos, menos de quinhentos animais, por exemplo, deve ser apenas queimado ou usado em pequenos projetos como cocção. Criadores com muitos animais possuem dejetos

e produção de biogás em quantidade para movimentar motogeradores e produzirem energia elétrica de forma eficiente, rentabilizando seu investimento.

Um investimento para a geração de eletricidade usando biogás como combustível não terá retorno financeiro para se auto-sustentar se a quantidade de animais na propriedade for inferior a 3.800 indivíduos, pois não será possível produzir dejetos suficientes para, com o biogás, fazer funcionar, de forma aceitável, um motogerador e produzir eletricidade. O gás gerado deverá ser queimado. A não ser que o metro cúbico do biogás seja bem caro para compensar os custos das instalações e dos maquinários necessários.

No extremo oeste do Estado do Paraná existe um condomínio de agroenergia voltado para a agricultura familiar, denominado Sanga Ajuricaba (figura 4), visitado pelos alunos do curso de energias renováveis. Neste condomínio os proprietários direcionam os dejetos de sua pequena criação para biodigestores próprios e canalizam o biogás não utilizado na propriedade para uma central distante de sua fazenda. O gasoduto tem 25 km e recebe gás de 33 fazendeiros. O interessante é que a produção de biogás individualmente é pequena, mas cria volume na cooperativa, atingindo pouco mais de 260 mil m³/ano, para um volume de quase 16 mil metros cúbicos de dejetos. O projeto foi apoiado por diversas empresas e pela prefeitura local, pois pretendem vender energia elétrica para a concessionária Estadual, além de secar grãos e para o uso familiar.

Segundo dados da ANEEL (2012) a sanga Ajuricaba tem potência instalada de 80 kW e, na ocasião da visita, não estava vendendo energia para a concessionária.

A contabilidade final do projeto ainda não conseguiu comprovar a viabilidade financeira, mas se agregar os ganhos no consumo familiar de biogás, uso do biofertilizante gerado e evitar a poluição ambiental, verifica-se a importância do empreendimento. Outro grande objetivo do Ajuricaba é servir como laboratório para diversos condomínios agrofamiliar pelo Brasil, procurando reduzir o número de animais necessários de cada criador para viabilizar a geração distribuída (GALINKIN, 2009).

Como diversos produtores da cooperativa de agroenergia não possuíam recursos financeiros para executar o projeto, este foi realizado devido a ajudas, a fundo perdido, de diversas empresas com interesse em estudar o biogás.

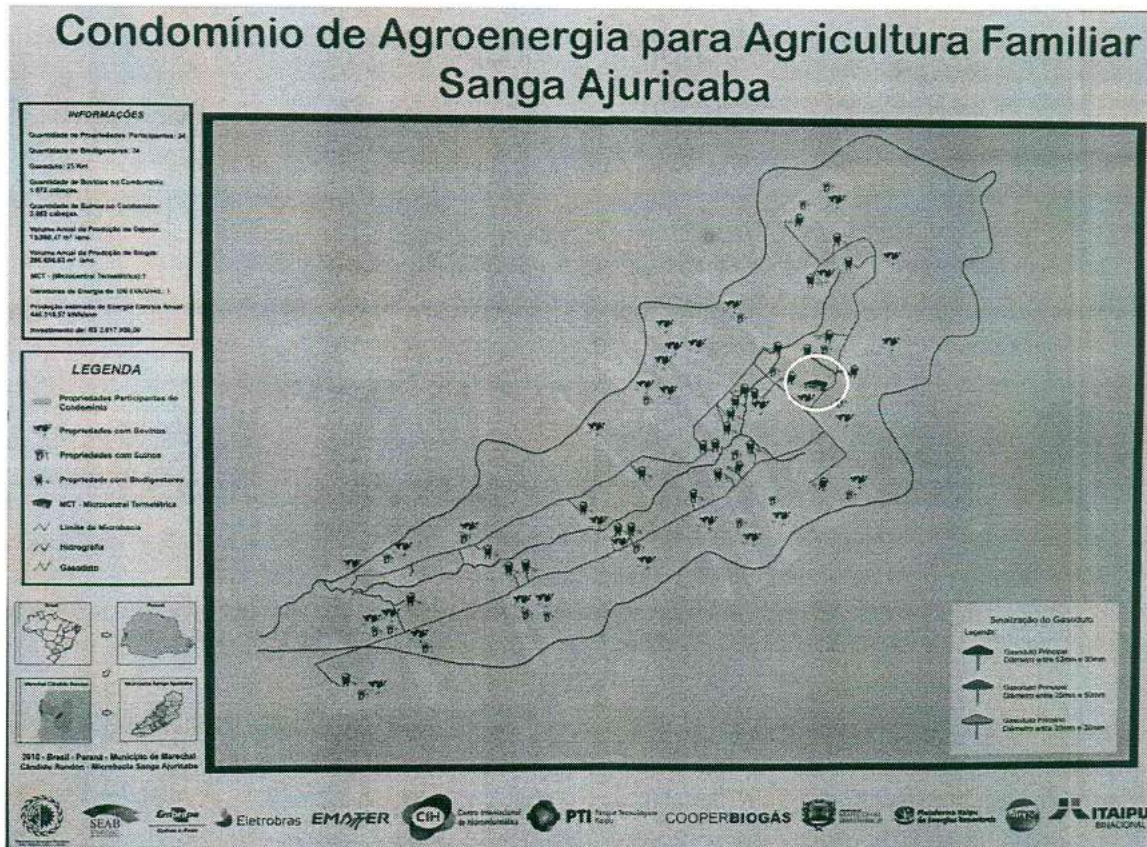


FIGURA 4. SANGA AJURICABA. No círculo branco a central termelétrica.

Geralmente os pequenos produtores de biogás que geram eletricidade preferem consumir a energia na fazenda a vender para a concessionária. Para Martins e Oliveira (2011), a geração de energia elétrica através de biogás carece de subsídios e, se possível, essa energia gerada deveria ser consumida na propriedade, evitando gerar excedentes, pois os preços de venda para a concessionária são sempre menores que os preços de compra.

Martins e Oliveira (2011) estimam em 4.167 suínos para produzir dejetos para gerar biogás que possa impulsionar um motorizador de 40 kVA de carga efetiva durante dez horas. A energia produzida deverá ser vendida para a concessionária, apesar de esta alternativa ser menos atrativa, pois o preço de compra pela COPEL é de R\$ 0,128 kWh, enquanto a da tarifa de venda é de

R\$ 0,23 kWh. Após 104 meses (8,7 anos) o investimento seria amortizado. Os autores comentam que para um retorno mais eficaz do investimento, mais animais são necessários, chegando a 9.167 suínos para que o motogerador funcione 22 horas por dia.

De acordo com Galinkin (2009), em 2009 os 33 produtores rurais do Ajuicaba possuíam 2.358 suínos, 913 bovinos e 135.000 aves. No projeto inicial pretende-se produzir energia elétrica oito horas por dia com um motogerador de 40 kVA de potência.

Em projetos de geração de energia no Brasil e no mundo são comuns os subsídios ao produtor: foi assim com o etanol brasileiro desde a década de 1970, ocorre com o etanol norte americano, com a energia eólica e solar. Com o biogás não será diferente, pois são necessários equipamentos sofisticados para possibilitar uma sincronia perfeita com a concessionária de energia⁵, além de manutenção constante e a visita de técnicos competentes não apenas para verificar os equipamentos de geração de energia, mas também para monitorar a estufa armazenadora, a qualidade do gás e as ligações à rede. Esses equipamentos e a manutenção técnica têm custos elevados, muitas vezes não suportados pelo pequeno produtor. Galinkin (2009) comenta que os custos da implantação do condomínio agroenergético do Ajuicaba, bem como dos diversos grupos de trabalho associados serão custeados pela Itaipu Binacional.

Já se comentou que os projetos de biogás são secundários a projetos maiores com objetivos específicos: aterros sanitários têm o objetivo de armazenar adequadamente resíduos domésticos; as granjas de porcos pretendem comercializar produtos suínos e espera-se que a criação, por si só, forneça o lucro necessário para sua automanutenção. O biogás dos dejetos é um bônus e pode ser usado para a geração de eletricidade, beneficiando a granja. Como o preço da carne de suíno varia nos mercados internacionais e influenciam os lucros da criação, os baixos preços da carne praticados atualmente desestimulam os criadores para que invistam na produção. O anuário estatístico da Embrapa (2011) mostrou que os preços baixos fizeram com que o abate se redu-

⁵ Essa sincronia é necessária, pois pode haver corte de energia por parte da concessionária para reparo da rede, por exemplo, e todos os demais geradores distribuidores devem responder ao corte.

zisse em 20% de 2005 para 2009 e as exportações diminuíssem em 18,7% de 2005 para 2010, enquanto o plantel de matrizes aumentou em 11,8%, apresentando um quadro de disposição de manter os animais confinados em vez de levá-los para o matadouro.

O anuário apresenta ainda dados de custo de produção em que o preço do quilo do suíno vivo foi de 2,057 reais em 2010, sem computar os custos fixos de remuneração do capital, nem sobre os reprodutores. Ao comparar-se com os custos de venda para o ano de 2010, observa-se um “lucro” de cinco centavos por quilo de carne. É possível afirmar que criadores com procedimentos de produção “menos bons” tiveram prejuízo com o empreendimento.

Estas informações fazem com que o biogás, o biofertilizante e as operações de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL como as receitas dos créditos de carbonos, inerentes à criação de animais e que geram algum lucro para o produtor sejam vistas como atrativas, na tentativa de manter a viabilidade de sua herdade.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os trabalhos de divulgação de projetos do biogás pela UNILA e pelo Parque Tecnológico da Itaipu – PTI contribuíram para fornecer informações para esta monografia. Assim, este trabalho é fruto de visitas de campo com produtores rurais de biogás e visita ao laboratório de biogás do PTI. Pretendia-se obter informações mais detalhadas do PTI quanto à Sanga Ajuricaba e outros criadores do oeste do Paraná, mas essas não chegaram ao meu conhecimento até o momento da edição final do trabalho.

Para melhor embasar a questão do biogás usaram-se entrevistas realizadas na cooperativa LAR e com um dos maiores produtores de energia elétrica com biogás do oeste do Estado do Paraná, o Sr. Pedro Colombari, da qual reproduziremos alguns trechos. Essas falas mostram a dificuldade de se trabalhar com o biogás com poucos animais, confirmando comentários de Martins e Oliveira (2011).

Pesquisas bibliográficas em diferentes fontes, como documentários em vídeo, livros, artigos e portais especializados na internet também foram usados.

5 RESULTADOS

Na visita técnica à Sanga Ajuricaba em Marechal Cândido Rondon – no Condomínio Cooperativo de Agroenergia para Agricultura Familiar, percebe-se a grandiosidade do projeto, mas se não fosse pelas ajudas externas oferecidas, como a assessoria técnica e política da Itaipu Binacional, da prefeitura local e de outras empresas interessadas, também no lucro, mas em uma vitrine para promover seu produto, este e outros projetos como o de Colombari e da estação de tratamento de água de Foz do Iguaçu dificilmente teriam existido.

Um dos 33 criadores da Cooperativa de agroenergia tinha cerca de dez porcos, oito vacas e menos de vinte aves. Como as vacas permaneciam a maior parte do tempo no pasto, não se verificou se o esterco das vacas era aproveitado para o biodigestor. Em todo caso, a quantidade de dejetos de todos os animais juntos é irrisória para uma granja compensar os custos de apenas um biodigestor. Neste caso a fazenda usava um biodigestor de 10m^3 e uma pequena lagoa de decantação com superfície aproximada de 12m^2 . Ao fazer uma experiência com o fogão local que usava o biogás, verificou-se que a chama era bem azulada e forte e que a família usava o fogão com frequência, competindo com a condução do gás para a central de beneficiamento.

As visitas técnicas ao laboratório de análise e a diversos proprietários de biogestores pelo Estado do Paraná apresentam a necessidade de se estudar, de forma aprofundada, o biogás, pois é provável que a energia fique cada vez mais escassa e cara, viabilizando fontes renováveis.

Segundo Galinkin (2009) e Martins e Oliveira (2011), necessita-se de 25m^3 de biogás para um motogerador de 50 kVA (potência efetiva de 40 kVA – ou 32 kWh) funcionar durante uma hora ou 600m^3 por dia. Ao se computar, grosseiramente, o potencial de biogás gerado pelo plantel brasileiro de suínos, mencionado anteriormente pela Embrapa (2011), de 38 milhões em 2009 e considerando a média/dia de biogás gerado por suíno em 24 horas em $0,16\text{m}^3$, ver-se-á que facilmente ultrapassará os seis milhões de metros cúbicos por dia. Essa quantidade de biogás forneceria 320 MW de energia constantemente.

Entretanto, o plantel não se encontra concentrado em determinada região para que os dejetos possam ser bem aproveitados, e muitos criadores são pequenos e não têm escala para a geração de energia elétrica por essa fonte.

Conforme a tabela 3, a ANEEL (2013) possui registro de apenas 10 geradores rurais de energia elétrica a biogás em todo o Brasil e desses, alguns trabalham exclusivamente com bovino, com abate de aves ou ainda estação de tratamento de água, mostrando que ainda há muito que fazer com o saneamento rural e produção de energia. A concessionária de energia, como a COPEL, por exemplo, remunera a energia comprada de produtores como o Sr. Colombari, com valores pouco abaixo do preço com que o vende ao próprio Colombari. Assim, é mais interessante consumir a energia gerada na propriedade do que vender para a concessionária.

Um desses produtores e consumidor de biogás, o Sr. Pedro Colombari, proprietário da Granja São Pedro em São Miguel do Iguaçu, PR (figura 5), visitada pelos alunos do curso de pós-graduação em Energias Renováveis, teceu algumas considerações sobre a produção de energia elétrica usando biogás proveniente de dejetos de suínos.

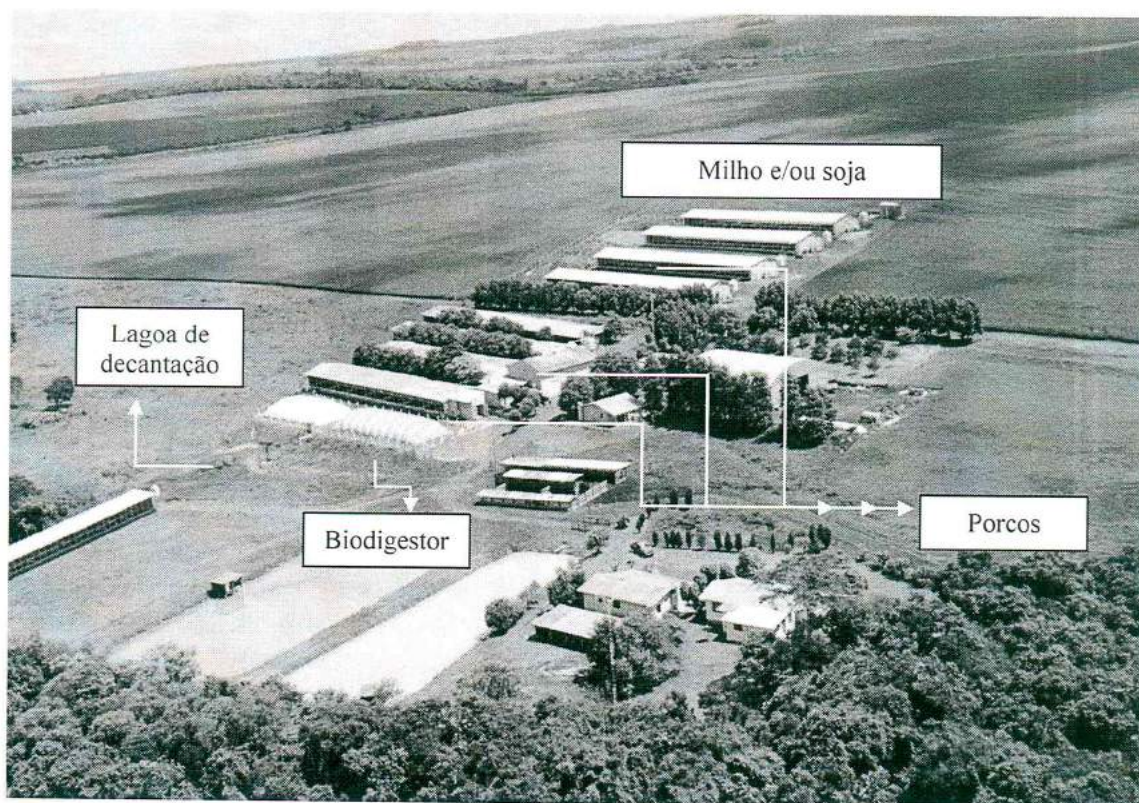


FIGURA 5. Granja São Pedro - Colombari. Fonte: Colombari (2012).

Martins e Oliveira (2011) comentam que gerar energia com poucos animais não é financeiramente atraente, e para se vender a energia gerada para a concessionária, necessita-se ainda mais de dejetos animais, confirmando a fala do Sr. Colombari em que

O processo de biodigestão (sic) é recomendado a qualquer tipo de suinocultura, desde o pequeno até o grande produtor, porém a questão de geração de energia elétrica se torna inviável para produtores de 600 animais. Estima-se que o mínimo para implantar um gerador de energia para consumo interno seja 3.000 suínos alojados. Para venda de energia, acredito que este número necessita ser maior, como o nosso caso, de 5.000 animais.

Em relação aos apoios técnicos e financeiros para a montagem dos painéis elétricos, contatos para a venda de créditos de carbono, negociações e sincronização entre a geração particular e a rede da concessionária ele diz que

Sobre a questão de contrato de venda de energia, a situação está praticamente paralisada para os produtores que desejam ingressar neste ramo. Para você ter uma ideia, um produtor de nosso município, que possui uma granja de ciclo completo de 1500 matrizes, possui os biodigestores e dois geradores de 100 kVA, está aguardando a quase um ano para vender energia elétrica, sem perspectiva de venda.

E não são apenas os recursos financeiros que estão em causa, pois o pecuarista quase sempre não possui o apoio técnico necessário e, conforme a fala abaixo, o apoio político também é necessário

O projeto é viável e muito interessante a produtores de médio e grande porte, e este projeto só foi possível por causa da parceria da Itaipu. Sem as suas intervenções políticas seria impossível. Porém, o futuro deste tipo de geração de energia é incerto, visto que depois de 2015, o nosso contrato se encerra, e não sabemos qual será a situação política futuramente.

Como existe uma série de vantagens na geração e uso do biogás, como o saneamento rural, eliminação de mau cheiro, produção de biofertilizante e utilizá-lo para cocção e aquecimento, o pequeno produtor pode minimizar os

aspectos financeiros relacionado com a produção, uso e venda de energia elétrica ou com a venda de créditos de carbono. Talvez fosse conveniente que um órgão como Emater ou Embrapa tomasse a frente e disponibilizasse informações técnicas e projetos *Standards* para os interessados.

O custo da energia em todo o mundo tende a ficar cada vez mais caro, seja pela depleção dos insumos seja pelo aumento da demanda industrial e individual. As energias renováveis estão com tendência de alta, apesar de a maioria delas não se sustentar sem subsídios, pois a energia gerada com carvão e por quedas d'água ainda é bem mais barata.

Existe viabilidade econômica na geração de energia elétrica com o uso do biogás de dejetos, se a quantidade de animais for adequada, estimada em mais de quatro mil suínos ou equivalente em matéria orgânica, para um motorizador de 40 kVA funcionando ininterruptamente durante cerca de dez horas por dia. Ainda assim, o que a concessionária paga ao produtor agrícola de energia é pouco em relação aos custos de instalação e risco econômico do empreendimento. Dessa forma, em vez de vender a energia gerada para a concessionária, é mais vantajoso economicamente usar a energia localmente e, se possível, substituir totalmente a aquisição de energia elétrica fornecida pela concessionária. Caso não existam condições de se usar a energia produzida na propriedade agrícola, é interessante pensar em associações com pequenos empreendimentos como ateliês de costuras, fábrica de doces, metalúrgicas que possam usar a energia excedente, obtendo maiores ganhos do que com a venda para a concessionária.

Nesse caso é interessante pensar se o condomínio agroenergético do Ajuricaba poderia ganhar mais se usasse a energia gerada localmente entre os diversos produtores e nos projetos de secagem de grãos, do que vendendo para a concessionária.

Para incentivar o crescimento econômico e reduzir a inflação, o governo federal está acenando com redução da tarifa de energia elétrica para 2013, contrariando a tendência mundial de escassez de petróleo e aumento de preços. Entretanto o produtor rural, gerador de energia elétrica com biomassa, que pretende vender energia para as concessionárias, sentirá o efeito da redução

nos preços da energia elétrica em suas casas e nos preços de venda de sua energia para as concessionárias, dificultando a rentabilidade de novos projetos agroenergéticos.

A maior parte dos criadores industriais de suínos ainda não se apercebeu das vantagens do uso do biogás sem subsídios. Ainda esperam que outros produtores pioneiros desbravem essas novas tecnologias e mostrem o “caminho das pedras” para que os demais comecem a investir. Nessa etapa os trabalhos da UNILA e da Itaipu serão relevantes e significativos, incentivando produtores inseguros e melhorando o saneamento rural.

6 CONCLUSÕES

Em suma, os resultados e informação aqui analisados permitem dizer que:

1. Geralmente, as fontes de energia causam impacto socioambiental e quanto mais se necessita de energia, mais os impactos aumentarão;
2. O saneamento rural usando biodigestores é importante e vantajoso para os produtores de animais em geral, pois se beneficiam do biofertilizante, da eliminação de grande parte do mau cheiro e da produção de biogás;
3. A produção de energia elétrica usando o biogás como combustível somente é viável economicamente acima de quatro mil suínos, para uma amortização em oito anos e meio;
4. É mais vantajoso usar a energia gerada na propriedade do que vendê-la para a concessionária;
5. Com os atuais preços do kWh, quantidades pequenas de animais não são financeiramente atraentes para se desenvolver projetos de geração elétrica usando o biogás;
6. Com subsídios e parceiros, pequenos produtores com poucos animais, podem constituir cooperativas agroenergéticas e receber dividendos por isso;
7. Ajudas técnicas são bem-vindas, pois os pequenos produtores não possuem conhecimentos suficientes para ligarem seus motogeradores às redes das concessionárias;
8. Os “laboratórios a céu aberto” como a Sanga Ajuricaba servirão para fornecer subsídios para posteriores empreendimentos;
9. Apesar de ser uma energia renovável, usada a centenas de anos, capaz de gerar eletricidade, deve ser usada como apoio às demais fontes de energia;
10. Ainda há muito que fazer para desenvolver o biogás agrícola no Estado do Paraná e no Brasil. Há inúmeros aterros sanitários e empre-

endimentos agrícolas com excedente de biomassa e sem as instalações necessárias que podem ser rentabilizados financeiramente e ecologicamente.

REFERÊNCIAS

- ACCS. Associação Catarinense de Criadores de Suínos. Disponível em <<<http://www.accs.org.br/>>>. Acesso em: 05 dez. 2012.
- ACFNEWSOURCE. **Is ethanol an economically viable solution to our energy problems?** Disponível em <<http://www.acfnewsourc.org/science/ethanol_woes.html>> Acesso em: 01 out. 2010.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Capacidade de geração.** Disponível em <<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>>> Acesso: 19 ago. 2012.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em <<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CombustivelListaUsinas.asp?classe=Biomassa&combustivel=19&fase=3>>> Acesso: 28 Jan. 2013.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifas Residenciais.** Disponível em <<<http://www.aneel.gov.br/493.htm>>> Acesso: 15 mai. 2012.
- ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira - 2010.** São Paulo, 2011.
- BIODIESELBR. Disponível em <<<http://www.biodieselbr.com/noticias/energia/islandia-lidera-tecnologia-de-hidrogenio-combustivel.htm>>> Acesso: 12 mar. 2013.
- BOURNE, Joel K. **O sonho verde: produzir combustíveis a partir de plantas pode ajudar o planeta – mas falta superar obstáculos.** In National Geographic Brasil: National Geographic Society, outubro, 2007.
- BP. British Petroleum Statistical Review of World Energy. 2010. Disponível em <http://www.bp.com/>>. Acesso: 10 jul. 2010.
- CAMPBELL, Colin J.; LAHERRÈRE Jean H. **The End of Cheap Oil.** Scientific American. Vol. 278, N 3. March 1998. pp. 77-83.
- CAREY, John. **The Real Question: should oil be cheap?** BusinessWeek. August, 4, 2008. Disponível em <<<http://www.businessweek.com/stories/2008-07-22/the-real-question-should-oil-be-cheap>>>. Acesso: 30 jul. 2012.
- CHARPAK, Georges. Disponível em <<<http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-10793883>>> Acesso: 29 ago. 2012.
- CORREIO DO BRASIL. **Alemanha anuncia fechamento de todas as usinas nucleares até 2022.** Disponível em <<<http://correiodobrasil.com.br/alemanha-anuncia-fechamento-de-todas-as-usinas-nucleares-ate-2022/295716/#.UD6S9dYia8A>>> Acesso: 29 ago. 2012.

DALY, Herman. **Beyond growth: the economics of sustainable development**. Boston, Massachusetts: Beacon Press, 1996.

DEFNEY, Kenneth S. **Hubbert's peak: the impending world oil shortage**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2009.

DEUBLEIN, Dieter; STEINHAUSER Angelika. **Biogas from Waste and Renewable Resources**. Weinheim, Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.

DIAS, Guilherme Leite da Silva. **Conflitos entre alimentos e biocombustível**. Pg 265-280. In Meio ambiente e crescimento econômico: tensões estruturais. Gilberto Dupas (org.). São Paulo: Ed. Unesp, 2008.

ECOPRESS. **No balanço energético do etanol, cana rende 7 vezes mais que o milho**. Disponível em <<<http://www.ecopress.org.br/noticias+com+baixa+repercussao/no+balanco+energetico+do+etanol+cana+rende+7+vezes+mais+que+o+milho>>>. Acesso: 01 out. 2010.

EIA. (Energy Information Administration). **International Energy Outlook 2010**. Washington, DC: July 2010.

ELETRONUCLEAR – Eletrobrás Termonuclear S. A. **Panorama da energia nuclear no mundo**. Junho 2009. Disponível em <<<http://www.eletronuclear.gov.br/LinkClick.aspx?fileticket=GxTb5TAen5E%3D&tabid=297>>>. Acesso: 27 jul. 2012.

EMBRAPA. **Anuário estatístico – suinocultura: central de inteligência da Embrapa Suínos e Aves** / Organizadores: Jonas Irineu dos Santos Filho e Marcos Novaes de Souza. - Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2012**. Empresa de Pesquisa Energética (Brasil): Ano base 2011 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2012.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2011**. Ano base 2010. Rio de Janeiro: EPE. 2011.

FLANNERY, Tim. **O clima esta em nossas mãos**. Lisboa: Estrela Polar, 2006.

FOLHA DE SÃO PAULO, Jornal. **Consórcio internacional aprova US\$ 21 bi para fusão nuclear**. Ano 90, Nº 29.701. 28/07/2010.

FRBATLANTA. **A Questão da Energia: O Etanol é a Solução?** Disponível em <<http://www.frbatlanta.org/pubs/econsouth/06q3-portugues_a_questao_da_energia_o_etanol_e_a_solucao.cfm?redirected=true>> Acesso: 01 out. 2010.

GALINKIN, Maurício (editor). **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. 2ª ed. rev. – Foz do Iguaçu/Brasília: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2009.

- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. **La décroissance. Entropie - Écologie - Économie**. Présentation et traduction de M. Jacques Grinevald et Ivo Rens. Nouvelle édition, Paris, France: Éditions Sang de la terre, 1995.
- GREER, John Michael. **The ecotechnic future**. Gabriola Island, Canadá: New Society Publishers, 2009.
- GUNNERSON, Charles G. **Anaerobic Digestion**. Washington D.C. USA: World Bank technical paper. N°5, 1986.
- HARDIN, Garrett. **The Tragedy of Commons**. Science. v. 162. pp. 1243-1248, 1968.
- HEFNER III, Robert A. **The Age of Energy Gases: In the New Millennium**. Society of Petroleum Engineers Gas Technology Symposium, Calgary, Alberta, Canada: April 30, 2002.
- HEINBERG, Richard. **Blackout: Coal, climate and the last energy crisis**. Gabriola Island, Canadá: New Society, 2009.
- HEINBERG, Richard. **The party's over: Oil, war and the fate of industrial societies**. 2º ed. Gabriola Island, Canadá: New Society, 2005.
- HORN, Geoffrey M. **Energy today: Biofuels**. New York: Science and curriculum consultant, Debra Voegelé, 2010.
- IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201112_2.shtm>>. Acesso: 11 jan. 2012.
- ICLEI - Brasil - Governos Locais pela Sustentabilidade. **Manual para aproveitamento do biogás: Aterros sanitários**. Vol. 1. Secretariado para América Latina e Caribe, Escritório de projetos no Brasil, São Paulo, 2009.
- IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Key World Energy Statistics 2010. Paris. France. Disponível em << http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1199 >> Acesso: 14 abr. 2011.
- ISTOÉ Dinheiro. **A energia nuclear é eficiente, limpa e segura**. N° 739. 02/12/2011.
- ISTOÉ, Revista. **Será o fim da energia atômica?** Ano 35. N° 2158. 23/03/2011.
- LOVELOCK, James. **Gaia: Alerta Final**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2010.
- MacKay, David J.C. **Sustainable Energy – without the hot air**. University of Cambridge: Draft 2.1.5, 2008.
- MARTINS, Franco M.; OLIVEIRA, Paulo A. V. de. **Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura**. Eng. Agrícola, Jaboticabal: v.31, n.3, p.477-486, maio/jun. 2011.

MAY, P.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (orgs.) **Economia do meio Ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MCCLUNEY, Ross. **Renewable Energy Limits**. In *The final energy crisis*. NEWMAN, Sheila. London, UK: Pluto press, 2008.

MICHELLON, Ednaldo; SANTOS, Ana Aracelly Lima; RODRIGUES, Juliano Ricardo Alves. **Breve descrição do pro-álcool e perspectivas futuras para o etanol produzido no Brasil**. SOBER. XLVI Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural. Rio Branco – Acre: 20 a 23 de julho de 2008.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira. Exercício de 2009**. Brasília, DF: Março de 2009.

NATIONAL Petroleum Council. **Hardtruths: enfrentando el grave problema energético**. EUA: 2007.

PIMENTEL, David; PIMENTEL, Marcia H. **Food, Energy, and Society**. 3º Ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2008.

POMPERMAYER, Raquel de Souza; PAULA JÚNIOR, Durval Rodrigues de. **Estimativa do potencial brasileiro de produção de biogás através da biodigestão da vinhaça e comparação com outros energéticos**. Proceedings of the 3º Encontro de Energia no Meio Rural, 2000, Campinas (SP, Brazil): 2003.

REDETEC. Disponível em <<http://www.redetec.org.br/inventabrasil/carro-me.htm>>. Acesso: 12 mar. 2013.

RIFKIN, Jeremy. **La Economía del Hidrógeno: La creación de la red energética mundial y La redistribución del poder em la Tierra**. Barcelona, ES: Paidós, 2002.

ROBERTS, Paul. **O fim dos alimentos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

SANTOS, C.A. dos. **O vaivém da fusão nuclear**. Ciência Hoje Online, 29/6/2009. Disponível em <<<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/do-laboratorio-para-a-fabrica/o-vaivem-da-fusao-nuclear>>>. Acesso: 12 dez. 2012.

SOCIEDADE DO SOL. Dúvidas - Perguntas e Respostas nº 1.018. Disponível em <<<http://www.sociedadedosol.org.br/faqs/1018.htm/>>> Acesso: 15 mai. 2011.

VALOR. Jornal Valor econômico. Disponível em <<<http://www.valor.com.br/rio20/2718414/energia-eolica-atingiu-o-preco-de-equilibrio-no-brasil-diz-associacao>>>. Acesso em 20 dez. 2012.

VEJA, Revista. **Uma megausina solar no Saara**. Edição 2122/ 22 de julho de 2009. Disponível em <<<http://veja.abril.com.br/220709/megausina-solar-saara-p-094.shtml>>> Acesso: 15 mai. 2011.

VIOLANTE, Adriano de Cerqueira. **E o Rio Levou...** Foz do Iguaçu: Ed. do Autor. Universidade do Oeste do Paraná, 2009.

VIOLANTE, Adriano de Cerqueira. **Ecologia do petróleo: Consequências, energias alternativas, decrescimento econômico.** São Paulo: Biblioteca24Horas, 2012.

YERGIN, Daniel. **La historia del petroleo.** Barcelona, Es: Actualidad y libros SA, 1992.