



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CECA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL
EM ENERGIA DA BIOMASSA**



KESSIANE DE SOUZA CORREIA

**FONTES DE ENERGIA NUMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR BASEADO
NAS COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DO EXAME NACIONAL DO ENSINO
MÉDIO - ENEM**

RIO LARGO/AL

2016

KESSIANE DE SOUZA CORREIA

***FONTES DE ENERGIA NUMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR BASEADO
NAS COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DO EXAME NACIONAL DO ENSINO
MÉDIO – ENEM***

Dissertação de Mestrado
apresentado ao Centro de Ciências
Agrárias, da Universidade Federal
de Alagoas, do Programa de Pós-
graduação em Energia da Biomassa
como critério avaliativo parcial para
obtenção do título de Mestre em
Energia da Biomassa.

Orientador: Prof^o Dr^o Guilherme
Bastos Lyra

Co-Orientadora: Prof^a Dr^a Vera
Dubeux Torres

RIO LARGO/AL

2016

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecário Responsável: Valter dos Santos Andrade

C824af Correia, Kessiane de Souza.
 Fontes de energia numa perspectiva interdisciplinar baseado nas
 competências e habilidades do Exame Nacional do Ensino Médio-ENEM /
 Kessiane de Souza Correia. – 2016.
 78 f. : il.

 Orientador: Guilherme Bastos Lyra.
 Coorientadora: Vera Dubeux Torres.
 Dissertação (Mestrado Profissional em Energia da Biomassa) – Universidade
 Federal de Alagoas. Programa de Pós-Graduação em Energia da Biomassa. Centro
 de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2016.

 Bibliografia: f. 74-78.

 1. Fontes não renováveis – Estudo e ensino. 2. Fontes renováveis – Estudo e
 ensino. 3. Biomassa. 4. ENEM. 5. Interdisciplinaridade. I. Título.

CDU: 620.91

TERMO DE APROVAÇÃO

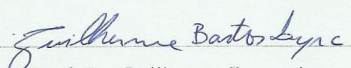
KESSIANE DE SOUZA CORREIA

FONTES DE ENERGIA NUMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR BASEADO NAS COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DO EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO-ENEM

Esta dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre Profissional em Energia da Biomassa, outorgado pela Universidade Federal de Alagoas.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

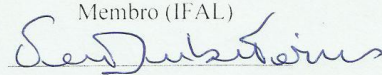
Aprovado em 05/04/2016


Prof. Dr. Guilherme Bastos Lyra

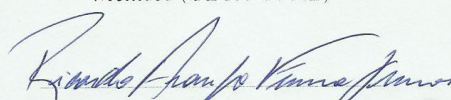
Orientador (/CECAUFAL)


Prof. Dr. Felipe Thiago Caldeira de Souza

Membro (IFAL)


Profª. Drª. Vera Lúcia Dubeux Torres

Membro (CECA-UFAL)


Prof. Dr. Ricardo Araujo Ferreira Junior

Membro (CECA-UFAL)

Rio Largo – AL

2016

***Dedico este trabalho a todos aqueles que
contribuíram para a sua realização, a minha família e
principalmente ao meu filho Afonso Henrique de
Souza Pereira.***

AGRADECIMENTOS

Meu primeiro e mais importante agradecimento é para Aquele que é dono da minha vida e que por amor a mim se entregou a morte para que eu tenha vida, Aquele que me amou acima de tudo e que me criou para a Glória DELE. Este título é para a Glória de Deus e para Ele. “Porque DELE, e por ELE, e para ELE são todas as coisas; glória, pois, a ELE eternamente. Amém.”

Em especial a minha Mãe Maria Aparecida de Souza Correia por acreditar em mim sempre e dedicar todos os anos de sua vida a minhas realizações. A minha irmã Kássia de Souza Correia, por seu apoio e contribuição em diversos momentos, pelo estímulo na inscrição e organização da pesquisa.

Ao meu Esposo Manoel Henrique Pereira Santos, por seu companheirismo, carinho, auxílio, estímulo e presença constante na minha vida.

Ao meu Filho Afonso Henrique Pereira Santos, que é a razão pela qual busco sempre ser melhor.

A todos os professores do programa de mestrado profissional em Energia da Biomassa, que contribuíram com nosso aprendizado.

Ao Profº Drº. Guilherme Bastos Lyra, e a Profª. Drª. Vera Dubeaux, pelo apoio e orientação.

Aos irmãos da Igreja do Evangelho Pleno pelas orações e palavras de ânimo.

A minha amiga Selma Thaís Bruno pelo incentivo a me inscrever na seleção do mestrado.

A minhas novas amigas Maria Gabriela Rangel, Rafaella, Regina Telles, Acácia e Maria Verônica do IFAL campus Palmeira, que tem me ajudado muito nessa fase final.

A todos os que torcem e acreditam em mim de alguma forma.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e compromisso nessa avaliação.

RESUMO

Os debates sobre fontes de energia tem se intensificado devido às questões ambientais atuais. Faz-se necessário, portanto, levar esse tema aos alunos do ensino básico, dentro do contexto exigido nas competências e habilidades do Exame Nacional do Ensino Médio. Esse material tem o objetivo de discutir as fontes de energia como com uma linguagem simples e acessível aos alunos do ensino médio promovendo a interdisciplinaridade entre as disciplinas de física, química, história e geografia, e promovendo a iniciação científica através da pesquisa sobre essas fontes. O trabalho foi desenvolvido a partir do conceito básico de energia, que é a capacidade de produzir trabalho, ela pode ser transformada, transmitida e absorvida. A energia foi e é responsável pelo desenvolvimento das civilizações antigas e modernas e contemporâneas. A primeira revolução industrial foi marcada pela utilização em larga escala do carvão mineral, a segunda revolução industrial ficou marcada pela descoberta do petróleo e a transformação da energia em eletricidade. A partir de então as sociedades intensificaram o consumo das fontes de energia e dos produtos provenientes de sua utilização com o desenvolvimento industrial, o petróleo assumiu a posição de principal fonte energética, porém em 1973 com a crise, fez-se necessário repensar a dependência dessa fonte, buscando fontes alternativas que minimizassem essa dependência. As fontes renováveis passaram a ganhar mais enfoque e a serem estudadas e desenvolvidas a partir dessa crise. Nesse contexto o Brasil saiu a frente com a criação do PROÁLCOOL, com a produção de etanol a partir da cana de açúcar, como um combustível capaz de diminuir a dependência dos combustíveis fósseis além de ser um combustível limpo e renovável. Nesse trabalho fora feita uma abordagem das diversas fontes de energia dividindo-as em dois grupos: Não renováveis e renováveis com enfoque as energias proveniente da Biomassa residual, dentro de um contexto interdisciplinar, destacando aspectos históricos, geográficos, físicos e químicos das mais diversas fontes de energia abordadas neste estudo.

Palavras Chaves: Fontes não renováveis. Fontes renováveis. Biomassa. Interdisciplinaridade e ENEM.

ABSTRACT

Discussions on energy sources has intensified due to current environmental issues. Therefore, it is necessary to take this matter to students of basic education, within the required context of the National Secondary Education Examination (ENEM) as well as its capabilities and skills. This material aims at discussing the energy sources as a simple and accessible language to high school students promoting interdisciplinarity among physics, chemistry, history and geography, and promoting scientific initiation through research on energy sources. This work was developed as of the basic concept of energy, which is the ability to produce work, it can be transformed, transmitted and absorbed. The energy was and still is responsible for the development of ancient, modern and contemporary civilizations. The first industrial revolution was marked by large-scale use of coal, the second industrial revolution was marked by the discovery of oil and the transformation of energy into electricity. Since then, with industrial development, societies have intensified the consumption of energy sources and products from its use. Oil took over the position of main energy source, but with the crisis in 1973, it was necessary to rethink over the dependence on this source, seeking alternative sources that would minimize this dependency. Renewable sources began to gain more focus and to be studied and developed from that crisis on. In this context, Brazil went ahead with the creation of PROÁLCOOL (proalcohol), with the production of ethanol out of sugar cane as a fuel capable of reducing dependence on fossil fuels as well as being a clean, renewable fuel. This work addresses different sources of energy, dividing them into two groups: Non-renewable and renewable, focusing the energy from the residual biomass, within an interdisciplinary context, highlighting historical, geographical, physical and chemical aspects of the various energy sources discussed in this study.

Key words: non-renewable sources, renewable sources, biomass, interdisciplinarity and ENEM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de carvão, reservas e uso.	22
Figura 2: Perfil esquemático da produção de energia elétrica a partir do carvão mineral.	23
Figura 3: Oferta interna de Energia no Brasil em percentual (%).	25
Figura 4: Criação da Petrobrás.	28
Figura 5: Produção do Pré-sal no Brasil.	29
Figura 6: Investimentos em Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural no Brasil.	30
Figura 7: Reportagem sobre a contaminação radioativa em Goiânia, Goiás.	32
Figura 8: Esquema transversal de uma barragem	38
Figura 9: Esquema de uma barragem hidrelétrica	39
Figura 10: Silício Monocristalizado	42
Figura 11: Silício Policristalizado	42
Figura 12: Ilustração de um sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica.	43
Figura 13: Energia Eólica- Capacidade instalada no mundo	45
Figura 14: Desenho esquemático da turbina eólica moderna.	46
Figura 15: Imagem real de um Parque Eólico Marítimo.	47
Figura 16: Sistema Eólico Isolado	48
Figura 17: Sistema eólico híbrido – fotovoltaico e aerogeradores	49
Figura 18: Sistema eólico de injeção na rede.	49
Figura 19: Modelo de Turbina Britânico.	50
Figura 20: Vista panorâmica da usina de La Rance, na França.	51
Figura 21: Usina Maremotriz em Pecém, São Gonçalo do Amarante - Ceará	52
Figura 22: Separação do Lixo	54
Figura 23: Biodigestor Modelo Indiano.	56
Figura 24: Representação tridimensional em corte do Biodigestor Indiano.	56
Figura 25: Representação tridimensional em corte do Biodigestor Chinês.	58
Figura 26: Biodigestor de Batelada com dois tanques anaeróbicos.	59
Figura 27: Biodigestor Modelo de Batelada	59
Figura 28: Biodigestor Batelada Tubular com manta plástica (seção transversal)	60
Figura 29: Biodigestor Modelo Canadense	61
Figura 30: Biodigestor em uma propriedade rural.	61
Figura 31: Biodigestor Sertanejo no município de São José do Egito, Permanbuco.	62
Figura 32: Biodigestor em uma propriedade rural implantado pelo projeto Diaconia.	63
Figura 33: Mangueira utilizada para levar o biogás para dentro da residência para ser utilizado como gás de cozinha.	63
Figura 34: Preço de combustíveis na região do Tabuleiro dos Martins – Maceió, Alagoas.	69
Figura 35: Preço de combustíveis na região do Tabuleiro dos Martins – Maceió, Alagoas.	69
Figura 36: Preço de combustíveis na região do Tabuleiro dos Martins – Maceió, Alagoas.	69

Figura 37: Mapa do Brasil demonstrando onde foi vantajoso a utilização do etanol nas primeiras semanas de 2016	70
Figura 38: Fluxograma do processo de produção do biodiesel - Transesterificação	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Maiores reservas e maiores produtores de Carvão Mineral do mundo	24
Tabela 2: Oferta interna de Energia no Brasil	24
Tabela 3: Produção de Energia Hidráulica no Brasil	37
Tabela 4: Eficiência de Conversão e o Custo de Células Solares.	42
Tabela 5: Preço médio do etanol hidratado em Alagoas no mês de Janeiro e Fevereiro de 2016, comparado aos dois últimos anos.	68
Tabela 6: Frota de veículos leve no Brasil (número de veículos).....	70

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
3. MATERIAL E METÓDO.....	16
4. MATERIAL DIDÁTICO PROPOSTO	19
4.1 DEFINIÇÃO DE ENERGIA.....	19
4.2 FONTES NÃO RENOVÁVEIS DE ENERGIA	20
4.2.1 Evolução das fontes de energia.	20
4.2.2 Carvão Mineral.....	21
4.2.3 Petróleo.....	25
4.2.4 Energia Nuclear	30
4.3 FONTES RENOVÁVEIS	34
4.3.1 Utilização da madeira, lenha e carvão vegetal.....	35
4.3.2 Hidroeletricidade	36
4.3.3 Energia Solar.....	39
4.3.4 Energia Eólica	44
4.3.5 Energia das Marés.....	50
4.4 TÓPICOS ESPECIAIS: ENERGIA DA BIOMASSA	53
4.4.1 Biogás	55
4.4.2 Etanol.....	64
4.4.3 Biodiesel	71
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	76

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios o homem vem transformando a natureza para conseguir sobreviver. A descoberta do fogo e a utilização da madeira para a combustão representou um grande avanço tecnológico no desenvolvimento das sociedades primitivas. A utilização do carvão mineral na primeira revolução industrial no século XVIII, a descoberta da eletricidade e do petróleo na segunda revolução industrial no século XIX, intensificaram os avanços tecnológicos ao tempo que também intensificaram as emissões de gases do efeito estufa e iniciaram um debate: Como se desenvolver sem causar tantos danos ao meio ambiente?

Responder a essa questão tem sido a busca de várias nações do mundo. Visto que, durante muitos séculos o pensamento do homem esteve preso a perspectiva de destruição para a construção, com o desmatamento, a poluição, a contaminação de rios, as queimadas e outras.

Apesar de alguns países, tais como Índia e China já utilizarem o “gás do pântano”, metano (CH_4), para a produção de energia em pequenas propriedades rurais, devido a dificuldade de acesso dessas populações.

Já no século XX, com a crise do petróleo em 1973 fez emergir de forma urgente a descoberta de fontes alternativas em “substituição” ao petróleo e seus combustíveis derivados – diesel. Nesse contexto, o Brasil toma a cena como ator principal ao lançar o programa PROÁLCOOL em 1975, se tornando o pioneiro em um combustível alternativo, limpo e renovável, produzido em larga escala. A produção de álcool se modernizou ao longo do tempo e hoje é produzido de diversas fontes tais como: cana-de-açúcar, milho, beterraba, bagaço de cana para o etanol de 2º geração, dentre outros. O etanol representa parte significativa na matriz energética brasileira, porém a falta de políticas públicas para a produção e utilização desse combustível nos leva a um impasse, quanto à política de preços.

Com a intensificação dos debates sobre as fontes de energia renováveis e limpas, visando o desenvolvimento voltado para a tríade da sustentabilidade – econômico – social – ambiental, diversos países têm investido em fontes como a solar, eólica, energia das marés, de biomassa a partir de diversas fontes.

Neste trabalho fora feita uma abordagem da evolução das diversas fontes de energia, desde as não renováveis as renováveis sob diversas perspectivas,

mostrando suas vantagens e desvantagens abordando aspectos tecnológicos, sociais, ambientais, econômicos, políticas públicas de desenvolvimento, entendendo um pouco do contexto histórico e da situação geopolítica em que ocorreram diversos acontecimentos que contribuíram para essa evolução das fontes de energia.

O tema foi discutido sob o olhar das competências e habilidades do Enem e da matriz de referência da educação básica nacional, promovendo a interdisciplinaridade do tema através de um material didático que possa servir de base para docentes e discentes do ensino médio no processo ensino aprendizagem, despertando o interesse pela pesquisa sobre o tema.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar de um material didático com linguagem fácil e acessível sobre fontes de energia com uma contextualização interdisciplinar, diante da observação da matriz de referência do Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM, exame que atualmente serve como pré-requisito para ingresso na maioria das universidades do país.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contribuir para a formação de profissionais com sólidos conhecimentos no campo de estudo das fontes de energia renováveis, capazes de desenvolver atividades interdisciplinares no processo ensino – aprendizagem.
- Estimular os debates dentro da sala de aula com alunos do ensino médio de forma interdisciplinar sobre o tema Fontes de Energia

3. MATERIAL E METÓDO

O trabalho teve início com um levantamento dentro das 5 principais editoras que elaboram e vendem livros para o ensino médio no país, sobre a publicação de algum livro ou material didático que contemplasse de forma interdisciplinar o tema fontes de energia, como tal material ainda não havia sido produzido, nem se quer havia sido pensado por essas editoras, devido a não ser parte obrigatória do curriculum da educação básica e o nosso modelo educacional não contemplar a interdisciplinaridade dos temas. Pires (1998) afirma que cada vez mais se faz necessário repensar a organização do ensino no Brasil, que é fragmentada, desarticulada e incomunicável, com práticas que promovam a interação das disciplinas, para tal precisa-se discutir os conceitos de multidisciplinaridade e interdisciplinaridade dentro do processo ensino aprendizagem.

Segundo Almeida Filho (1997) a multidisciplinaridade esbarra na justaposição das disciplinas, não ocorrendo a interação das mesmas, onde cada disciplina trata de um tema em comum mas sem articulação de conceitos e ampliação dos debates, chegam no máximo a compartilhar referências bibliográficas. Nogueira (2001) diz que, “não existe nenhuma relação entre as disciplinas, assim como todas estariam no mesmo nível sem prática de um trabalho cooperativo”.

Silva (2004) no ensino multidisciplinar os agentes envolvidos no processo-ensino aprendizagem recorrem a informações de várias matérias para estudar um determinado tema, mas não existe a preocupação em interligar essas informações, gerando um conhecimento menos eficaz para os alunos, e menos interação entre professores de diversas áreas do conhecimento.

Quanto à interdisciplinaridade, Pires (1998) afirma que ela surgiu na segunda metade anos 1970, com um movimento universitário de renovação do ensino, aparecendo como forma de superar a desarticulação teoria e prática no processo ensino – aprendizagem. Silva (2004), diz que nesse processo as disciplinas interagem entre si em distintas conexões, existe uma coordenação das ações, cabendo aos agentes envolvidos no processo relacionar os conhecimentos prévios do aluno reorganizando o pensamento crítico compartilhado por várias disciplinas, possibilitando que o aluno realize uma síntese dessas informações.

Feitas as análises sobre as questões pedagógicas de abordagem, pensou-se em elaborar um material didático com linguagem fácil, porém não pobre, acessível, e com uma organização lúdica para o discente e prática para o docente como fonte de pesquisa e auxiliar ao livro didático obrigatório, por apresentar indicações de leitura complementar, curiosidades e vídeos ilustrativos que dinamizam o processo ensino-aprendizagem, facilitando o desenvolvimento das competências e habilidades exigidas pelo ENEM.

Para tal, foi necessário o aprofundamento sobre Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica e o Exame Nacional do Ensino Médio, assim como dos componentes e disciplinas estudadas durante todo o Ensino Médio.

As Diretrizes Nacionais da Educação Básica, em seu artigo III afirma: “a Educação Básica como direito e considerada, contextualizadamente, em um projeto de Nação, em consonância com os acontecimentos e suas determinações histórico-sociais e políticas no mundo”, ou seja, esse artigo trata do ensino voltado para as questões históricas, sociais, ambientais, política que estejam em debates no mundo atual.

A Matriz de referência do ENEM divide as disciplinas em eixos cognitivos, são esses: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Matemática e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias; e Ciências Humanas e suas Tecnologias. Mas que os temas são abordados apenas dentro do mesmo eixo temático, promovendo apenas a contextualização e a multidisciplinaridade dentro do eixo, não havendo a interdisciplinaridade.

O tema Fontes de Energia pode e deve ser abordado sob diversos aspectos, sendo esse um tema amplo e que tem uma relevância significativa para o desenvolvimento social-econômico-ambiental das sociedades humanas.

Esse tema é muito abordado no ensino médio, em diversas disciplinas, na história mostrando a evolução das sociedades desde a pré-história com a descoberta do fogo, a evolução das sociedades antigas, o desenvolvimento industrial, as guerras até chegar a atualidade; na geografia com o desenvolvimento científico e tecnológico das sociedades, a evolução das cidades, da produção agrícola; na física com o estudo da termodinâmica, fissão e fusão nuclear; na química orgânica com a abordagem dos componentes dos combustíveis e do poder

de combustão, com a química orgânica. Essas disciplinas compõem dois eixos da matriz curricular que são abordadas pelo ENEM, já citados anteriormente.

Nesse trabalho além da multidisciplinaridade promovida pela Matriz de Referência do ENEM, tentou-se promover a interdisciplinaridade de eixos diferentes reunindo conhecimento histórico, geográfico, físico, químico de um mesmo assunto, a partir do aprofundamento bibliográfico.

O presente trabalho está dividido em 3 capítulos, sendo eles: Fontes de Energia Não-renováveis; Fontes de Energia Renováveis; Energia da Biomassa na atualidade.

O primeiro capítulo trata de uma breve definição do que energia, para que os discentes possam entender o contexto que está sendo tratado, em seguida o destaque é sobre as fontes de energia não renováveis buscando uma abordagem histórica, social, ambiental, física e química sobre essas fontes de energia.

O segundo capítulo, reuni informações sobre as fontes de energia renováveis mostrando o contexto histórico do surgimento das mesmas, bem como os aspectos geopolíticos e econômicos que as mesmas surgiram, levando em consideração a crise energética mundial e a necessidade de diminuição da dependência dos combustíveis fósseis.

O terceiro capítulo é exclusivo para fontes provenientes de biomassa, essas que surgiram para minimizar diversos problemas, tais como: a questão do lixo, a poluição do solo, das águas, do ar devido às baixas emissões de gases do efeito estufa. Assim como, perceber a viabilidade e o crescimento dessas fontes na matriz energética brasileira.

O segundo e terceiro capítulos tratam, portanto, das fontes alternativas e da viabilidade social, econômica e ambiental baseadas na questão da sustentabilidade, com uma abordagem interdisciplinar para o docente do ensino médio.

4. MATERIAL DIDÁTICO PROPOSTO

4.1 DEFINIÇÃO DE ENERGIA

Segundo Bucussi 2006, o termo 'energia' surgiu do grego e do latim e significa trabalho, originário de *Vis Viva* ou força viva, em 1800 o conceito de *vis* assumiu a força elétrica, gravitacional e magnética. No século XIX o termo energia passou a ser mais utilizado.

Sevilha e Segura 1986, definem energia como uma propriedade dentro de um sistema, que se manifesta de várias formas, podendo, por exemplo, ser através do trabalho e/ou do calor. Sendo para eles o conceito de calor e de energia muito próximos.

Energia pode ser definida ainda de forma simples, como a magnitude física que se apresenta de diversas formas e está envolvida em processos de transformação e transmissão, sendo responsável pela mudança de estado de um sistema, ela não tem peso e não pode ser medida por si só, sua medição só pode ser realizada quando está sendo transformada, liberada ou absorvida.

De forma mais simples podemos definir energia, como a capacidade de um corpo realizar um trabalho, ação ou movimento. Existem energia que são perceptíveis na forma mais simples aos órgãos dos sentidos, por exemplo, a energia luminosa, a energia sonora, a percepção dos nervos a energia térmica. Assim como existem as formas mais conhecidas de realizar trabalho e gerar energias, que são: a energia muscular com a tração animal ou a força do ser humano; calorífica com a combustão de diversos materiais tais como, madeira, carvão mineral, álcool, petróleo etc; solar, natural e abundante; mecânica como o moinho de vento (energia eólica), a energia obtida por motores que utilizam combustíveis diversos, e a produzida por motores elétricos; química com a utilização de baterias e pilhas; elétrica, usinas elétricas e termelétricas; nuclear ou atômica com as usinas nucleares em geral.

Nesse contexto dividimos aqui a energia em não renováveis, aquelas cujo potencial é finito e geralmente são altamente poluentes e as renováveis que como o nome diz, tem a capacidade de renovação e/ou utilizam fontes inesgotáveis – sol,

ventos, as marés, ou utilizam resíduos sólidos, agropastoris, oleaginosas, florestas energéticas como a energia da Biomassa.

Agora que já tivemos uma breve definição de energia, vamos aprofundar nosso conhecimento sobre essas fontes de energia.

4.2 FONTES NÃO RENOVÁVEIS DE ENERGIA

4.2.1 Evolução das fontes de energia.

Desde os primórdios da história da humanidade surgiu a necessidade de transformação de matéria-prima para um produto mais elaborado, e nessa transformação o desenvolvimento de fontes de energia foram importantes no processo evolutivo do homem e das sociedades. Energia pode ser definida como a capacidade de desenvolver um trabalho que gere calor (FARIAS E SELLITTO, 2011).

Com a evolução da humanidade e sua expansão territorial, bem como seu crescimento em número de habitantes, tornou-se necessário novas fontes de energia que fossem mais eficientes e abundantes para suprir as demandas de diversos grupos sociais. Durante as chamadas Histórias Antiga e Clássica ocorreram diversas criações tais como, a Matemática, Química, Astrologia e Astronomia, represamento das águas, construção de canais e diques de irrigação dentre outros, mas essas criações e melhorias estavam sempre ligadas à busca pela sobrevivência através da agricultura e das questões religiosas.

Com a chegada da Idade Média, pouco se evoluiu tecnologicamente, em virtude da influencia que a Igreja Católica exercia sobre a vida social e cultural, por isso, esse período é também conhecido como “séculos das trevas”. Ao final da Idade Média e início da Idade Moderna, as ideias de racionalismo, humanismo e o desenvolvimento náutico proporcionaram uma grande evolução tecnológica e uma expansão territorial significativa. Mas foi no século XVIII que a evolução se tornou uma revolução, em diversos aspectos, social, financeiro, no modelo de produção, nas relações trabalhistas e, nesse caso, principalmente na questão energética.

A Primeira Revolução industrial foi a primeira forma de utilização de uma fonte de energia em grandes proporções com o carvão mineral, já a Segunda Revolução

Industrial foi marcada pela descoberta do petróleo e da eletricidade. O petróleo se tornou a principal fonte energética mundial, porém não acabou ou evitou que novas fontes fossem descobertas. Surgiram a energia nuclear e as chamadas fontes alternativas como solar, eólica, e mais recentemente os estudos em torno da energia das marés tem se intensificado, assim como a energia proveniente de biomassa tem assumido papel importante na matriz energética brasileira e mundial.

4.2.2 Carvão Mineral

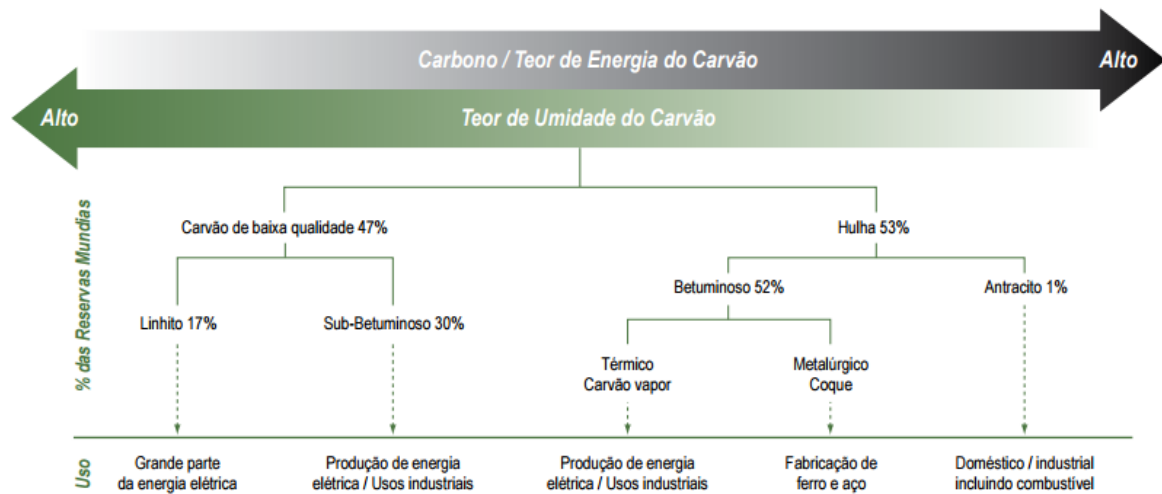
O carvão mineral é um combustível fóssil formado pela decomposição da matéria orgânica (como restos de árvores e plantas) durante milhões de anos, sob determinadas condições de temperatura e pressão. É composto por átomos de carbono, oxigênio, nitrogênio e enxofre, associados a outros elementos rochosos (como arenito, siltito, folhelhos e diamictitos) e minerais, como a pirita. O carvão mineral é classificado de acordo com seu poder calorífico, os que têm mais carbono tem poder calorífico maior, pois possuem menos impurezas. Podemos classificá-los em dois grupos, baixa qualidade e alta qualidade.

O de baixa qualidade chamado de linhito e sub-betuminoso esse tipo equivale a 47% das reservas mundiais, usado principalmente para geração de energia elétrica e alguns usos industriais.

O de alta qualidade ou hulha, subdividido nos tipos betuminoso e antracito, correspondem a 53% das reservas, sendo que o antracito corresponde a apenas a 1% destas, usados principalmente em siderúrgicas para fabricação de ferro e aço, são compostos por carvão com alto teor de carbono (hulha) (ROCHA et al, 2013).

A produção e o consumo mundial concentram-se nas categorias intermediárias: os carvões tipos betuminoso/sub-betuminoso e linhito. O betuminoso de maior valor térmico e destinado à exportação, o sub-betuminoso para o mercado interno brasileiro, conforme Figura 1 abaixo, (ANEEL, 2008).

Figura 1: Tipos de carvão, reservas e uso.

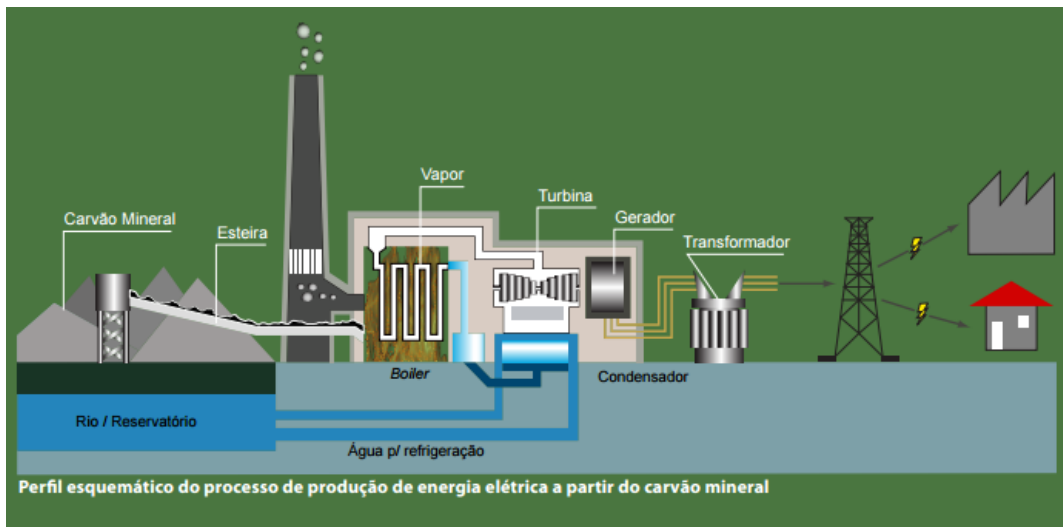


Fonte: Atlas de energia elétrica do Brasil - 2008

O carvão mineral foi a primeira fonte de energia utilizada em larga escala pelo homem ainda no século XVIII, na Primeira Revolução Industrial, na Inglaterra. A combustão gera vapor e esse movimentou os primeiros teares mecânicos da produção têxtil e as primeiras locomotivas a vapor, o que revolucionou o modelo de produção capitalista, transitando do modelo artesanal para a maquinofatura (indústria).

Segundo dados da ANEEL (2008), o carvão mineral tem um poder calorífico muito superior ao do carvão vegetal e, por isso, é muito utilizado na indústria termelétrica e nas indústrias para a geração de calor. O processo de extração e transformação ocorre basicamente da seguinte forma: o carvão é extraído do solo, fragmentado e armazenado em silos para, posteriormente, ser transportado à usina, onde novamente será armazenado. Em seguida, é transformado em pó, o que permitirá melhor aproveitamento térmico ao ser colocado para queima nas fornalhas de caldeiras. O calor liberado por esta queima é transformado em vapor ao ser transferido para a água que circula nos tubos que envolvem a fornalha. A energia térmica (ou calor) contida no vapor é transformada em energia mecânica (ou cinética), que movimentará a turbina do gerador de energia elétrica (Figura 2).

Figura 2: Perfil esquemático da produção de energia elétrica a partir do carvão mineral.



Fonte: Atlas de energia elétrica do Brasil - 2008

O carvão mineral é também um combustível fóssil, e sua disponibilidade é maior que a do petróleo. Suas maiores reservas estão concentradas nos Estados Unidos com 28,6%, Rússia com 18,5% e China com 13,6%, totalizando mais de 60% das reservas mundiais, sendo que as reservas de carvão americanas são 1,5 vezes maiores que a da Rússia e cerca de duas vezes maiores que as reservas chinesas (ROCHA et al, 2013).

Os maiores produtores são China (46,6%), Estados Unidos (11,3%), Índia (7,7%) e Austrália (6,1). A Rússia apesar de ter a segunda maior reserva, aparece em 5º lugar enquanto produtora com apenas 4,4% da produção mundial, os cinco países juntos somam 76,1% da produção de carvão mineral mundial. “Por outro lado, países com crescentes superpopulações tais como a Índia e a China têm o carvão como principal combustível para conseguir vencer o crescimento da demanda por energia para os próximos anos, o que poderá significar a participação de 16 % e 47 %, respectivamente, de toda a demanda mundial de carvão até 2035”. O Brasil produziu 7,41 (10^6 t) que equivale ao percentual de 0,1% da produção mundial (ARAÚJO, 2014).

Tabela 1: Maiores reservas e maiores produtores de Carvão Mineral do mundo

Países	Reservas em 2013 (10 ⁶ t)	Produção em 2013 (10 ⁶ t)	(%)
Estados Unidos	237.295	892,64	11,3%
Rússia	157.010	347,10	4,4%
China	114.500	3.680,00	46,6%
Austrália	76.400	478,03	6,1%
Índia	60.600	605,13	7,7%
Total	645.805	6.002,90	76,1%

Fonte: Araújo (2014)

O carvão brasileiro é de dois tipos: linhito e sub-betuminoso e são considerados pobres, com baixo teor calorífico e muita impureza. As maiores jazidas situam-se nos estados do Rio Grande do Sul com 89,5%, desse percentual 38% encontra-se na Jazida de Candiota/RS, Santa Catarina 10,41%, no Paraná 0,32% e São Paulo 0,02%. As reservas brasileiras ocupam o 10º lugar no ranking mundial, totalizam 7 bilhões de toneladas, correspondendo a menos de 1% das reservas totais. A Associação Brasileira do Carvão Mineral (ABCM) calcula que as reservas conhecidas poderiam gerar hoje 17 mil megawatts (MW). No Brasil, o minério representa pouco mais de 1,5% da matriz da energia elétrica. Em 2007, o carvão foi responsável pela geração de 7,9 TWh, a partir da operação de usinas termelétricas que estão localizadas na região Sul, nas proximidades das áreas de mineração.

A tabela 2 e a figura 3 mostram a matriz energética brasileira entre 2013 e 2014, apresentando um pequeno crescimento na utilização do carvão mineral.

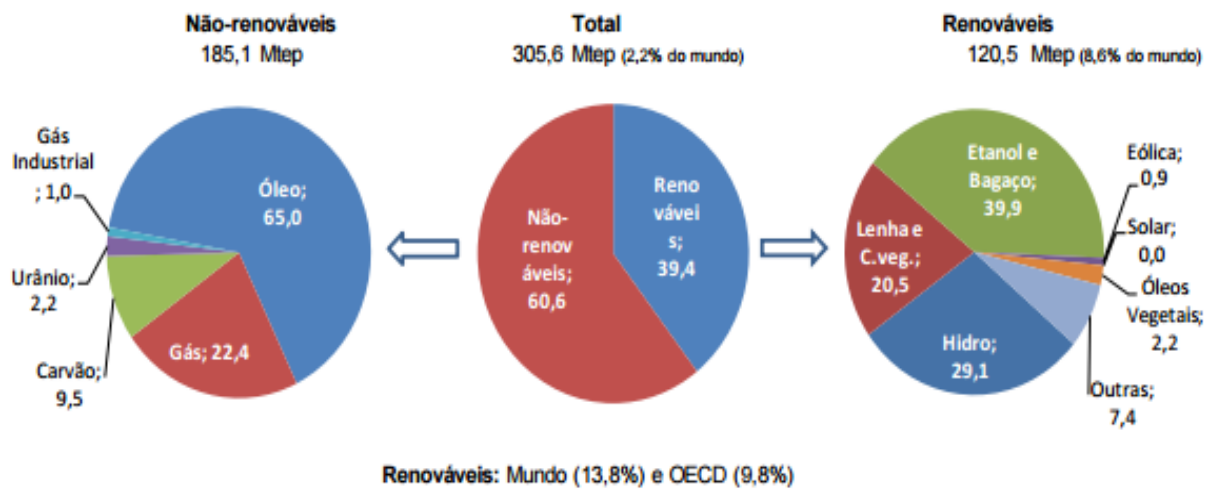
Tabela 2: Oferta interna de Energia no Brasil

Especificações	Mil tep (2013)	Mil Tep 14/13% (2014)	14/13%	Estrutura (%) (2013)	Estrutura (%) (2014)
Petróleo e Derivados	116.500	120.327	3,3	39,3	39,4
Gás Natural	37.792	41.373	9,5	12,8	13,5
Carvão Mineral e Derivados	16.478	17.551	6,5	5,6	5,7
Urânio (U308) e Derivados	4.107	4.036	-1,7	1,4	1,3
Outras Não-Renováveis	1.592	1.814	13,9	0,5	0,6
Total	176.468	185.100	4,9	59,6	60,6

(*) Gás industrial de alto forno, aciaria, coqueria, enxofre e de refinaria

Fonte: Ministério de Minas e energia (2015)

Figura 3: Oferta interna de Energia no Brasil em percentual (%)



Fonte: Ministério de Minas e energia (2015)

4.2.3 Petróleo

Segundo Oliveira (2013), há registro que datam a utilização dos combustíveis fósseis de cerca de 4mil anos A.C., oriundos do Oriente Médio. Marco Polo viu petróleo sendo comercializado no Azerbaijão por volta de 1270 a 1280. Mas foi na Segunda Revolução Industrial, ocorrida na segunda metade do século XIX, que o mesmo começou a ser utilizado em larga escala, a princípio para a iluminação pública, chamando de “Petróleo Iluminante”. Foi com o surgimento do motor de combustão ou a explosão que o petróleo começou a ser utilizado como combustível (NETO e COSTA, 2007).

Tudo indica que povos do Oriente Médio já conheciam o petróleo desde épocas remotas. Relatos dizem que ele aflorava na superfície e que muitas vezes, ao queimar, era venerado como fogo sagrado. Os egípcios o utilizavam para embalsamar múmias; os sacerdotes hebreus, para queimar animais usados em sacrifícios. Ainda na Idade Média, na Europa, tinha aplicações medicinais como laxante e seu uso como lubrificante e mesmo como combustível para iluminação, através de lâmpadas rudimentares era muito difundido. (ESCARLATTO e PONTIN, 2003).

Até 1859, a coleta do petróleo era muito rudimentar, a partir do afloramento na superfície, quando neste ano, o Coronel Edwin L. Drake perfurou o primeiro poço

de petróleo na Pensilvânia, o que levou a extração em grandes quantidades e estimulou sua utilização de diversas formas. Mas foi com a invenção dos motores a combustão, no final do século XIX, que o petróleo tomou proporções industriais, iniciando, inclusive, as disputas entre as potências econômicas por territórios ricos nesse produto.

Em Bakur, na Rússia entre 1871 e 1872 fora descoberto petróleo em grandes quantidades, levando a uma corrida para se obter os mesmo produtos que vinham da Pensilvânia (querosene e lubrificantes). Devido a distância de Bakur para o escoamento da produção pelo Mar Cáspio, novos navios tanques foram desenvolvidos, substituindo os barris de carvalho. Em 1884, foi lançado na Inglaterra o primeiro navio-tanque para transporte de petróleo - Glückauf, de 300 toneladas; a inovação foi levada para o transporte de petróleo e querosene no oceano Atlântico, em direção aos mercados asiáticos. (MORAIS, 2013).

As explorações no Oriente Médio começaram por volta de 1901, no interior da Pérsia – atual território do Irã, mas apenas em 1908 encontraram reservas importantes com o apoio do governo inglês que iniciava o processo de substituição do carvão mineral pelo petróleo combustível.

Para administrar a exploração e a produção do petróleo persa foi fundada a companhia por ações Anglo-Persian Oil Company, em 1909 (depois British Petroleum), apoiada pela participação acionária da empresa Burmah Oil na Anglo-Persian. Nos anos seguintes, diversas explorações se instalaram pelo Oriente Médio, em 1925, no Iraque, em 1935, no Kuwait (em 1938, do campo supergigante de Burgan, o segundo maior do mundo), em 1938, na Arábia Saudita, que possui a maior reserva de petróleo do mundo, e no Campo de Ghawar, descoberto em 1948 e responsável atualmente pela maior parte do petróleo extraído na Arábia Saudita. Na América Latina, as jazidas mais importantes foram descobertas em 1910, no México, pelo empresário inglês Weetman Pearson, proprietário da petroleira Mexican Eagle, que se tornou uma das maiores do mundo. Em 1921, o México se tornou o segundo produtor mundial de petróleo depois os Estados Unidos, (MORAIS, 2013). Os Estados Unidos além de liderar a extração do petróleo, lideravam também o conhecimento científico e tecnológico de todo o processo, o que o mantinha sempre à frente na exploração petrolífera.

Em continuação aos avanços técnicos na refinação de petróleo para a produção de derivados, uma equipe de pesquisadores da Standard Oil desenvolveu, por meio de pesquisas realizadas entre 1909-1912, o processo de craqueamento térmico do petróleo. O novo método ocasionou importante mudança na indústria de derivados, ao permitir dobrar a quantidade de gasolina gerada por barril, levando o combustível a ocupar a condição de principal produto derivado do petróleo; no início da década de 1910, a produção de gasolina superou a produção de querosene, fato que incentivou a procura por novas jazidas de petróleo, ao lado do aumento da produção de óleo diesel para uso em navios, trens e máquinas em geral. Ao final da Primeira Guerra Mundial o petróleo havia se convertido em combustível vital para a economia e a própria sobrevivência das nações, utilizado no transporte de pessoas e cargas e na movimentação de armas de guerra; a posse de jazidas passou a ser associada ao conceito de soberania e de independência dos países. Esse reconhecimento e a necessidade de se dispor de petróleo fizeram com que se acelerassem os esforços de prospecção por parte dos países que estiveram no epicentro dos conflitos da guerra, como a Inglaterra, França, Alemanha, Itália e Holanda. (MORAIS, 2013).

No Brasil, os primeiros registros oficiais à procura de petróleo datam do governo imperial. Em 1864, nos territórios de Camamu e Ilhéus, inicia-se a exploração de petróleo para a produção de óleo iluminante, fato que segue a tendência mundial desse período. Nas décadas seguintes, diversas permissões foram concedidas, mas nenhuma para busca específica ou exclusiva de petróleo até o fim do império, antes as buscas restringiam-se a procura por matérias-primas que pudessem servir para a iluminação. O baixo interesse em explorar petróleo no Brasil nesse período é também explicado pelo baixo peso das importações de combustíveis. No ano de 1901, o querosene representava tão somente 2,1% do valor total das importações.

Apenas ao final da Primeira Guerra Mundial, o país percebeu o quanto estava vulnerável na dependência de querosene e combustível, fazendo com que o Estado buscasse explorar petróleo no país através do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil (SGMB), órgão do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, que realizou perfurações iniciais no Paraná, Alagoas e Bahia, atuando de 1919 a 1933.

O presidente Getúlio Vargas instituiu em 1938, que a exploração de petróleo nacional deveria ser feita por brasileiros, por isso, foi criado o Conselho Nacional de Petróleo (CNP) que tinha como objetivo avaliar os pedidos de pesquisa e as atividades extrativistas de exploração do petróleo. Já em 1939, Oscar Cordeiro e Manoel Inácio Bastos descobriram petróleo na Bahia, dando partida às disputas entre dois grupos: os “entreguistas” que queriam a entrada de capital e tecnologia estrangeira para a exploração de petróleo, e os “nacionalistas” que defendiam o monopólio estatal e criação de uma empresa nacional que fizesse essa exploração. Esse segundo grupo venceu e criou o lema “O Petróleo é Nosso”, nacionalizando a exploração do mesmo.

A Petróleo Brasileiro S.A (PETROBRAS), criada em 1953 pela Lei 2004/53, no governo de Getúlio Vargas, reafirmou o lema “O Petróleo é Nosso” (conforme Figura 4), um recado aos Estados Unidos que tentavam dominar e monopolizar as reservas de petróleo no mundo, diante de um mundo bipolar, liderado pelos Estados Unidos e pela URSS.

Figura 4: Criação da Petrobrás

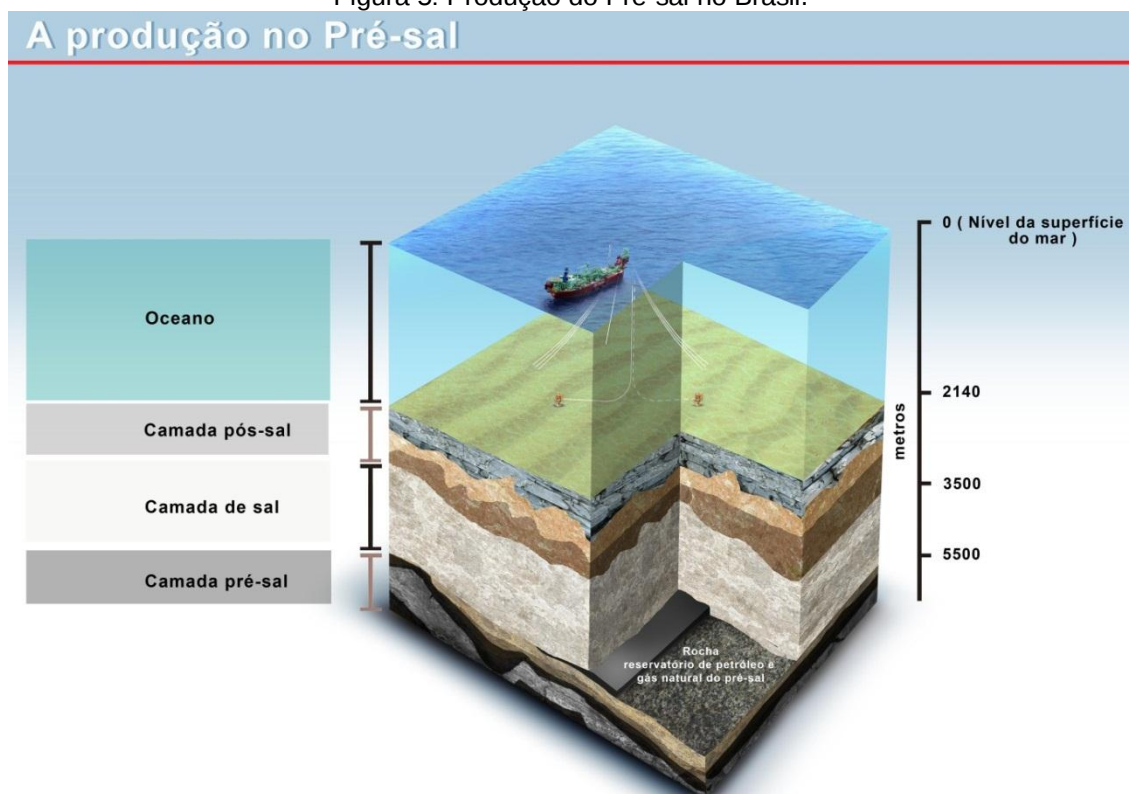


Fonte: Acervo O Globo

Após a criação da Petrobrás, diversos investimentos foram feitos para ampliar a exploração de petróleo no país. Não houve grande êxito em plataformas terrestres, (MORAIS, 2013) buscou-se então, petróleo em zonas costeiras, em águas rasas. A descoberta dos primeiros campos de petróleo em águas costeiras no Nordeste do Brasil ocorreu entre os anos de 1968-1973, na Bacia de Campos/RJ, a partir de 1974, com o aproveitamento de jazidas situadas a longas distâncias do litoral, dando início ao processo de inovações em sistemas de produção marítima de petróleo no Brasil.

Os investimentos na exploração marítima nos fizeram chegar a maior reserva do mundo abaixo da camada de sal marinho, o chamado Pré-sal (Figura 5), na Bacia de Santos/SP (2006-2007). Atualmente a Petrobrás ocupa o primeiro lugar na produção de petróleo em águas profundas e ultraprofundas, com 22% do total mundial. Ao analisar a evolução tecnológica e produtiva dessa empresa, é essencial observar que, por trás da posição alcançada de líder mundial na produção em águas profundas, há uma longa e consistente história de perseverança brasileira na tentativa de resolver o problema da dependência do país do petróleo importado.

Figura 5: Produção do Pré-sal no Brasil.



Fonte: Diário do Pré-Sal

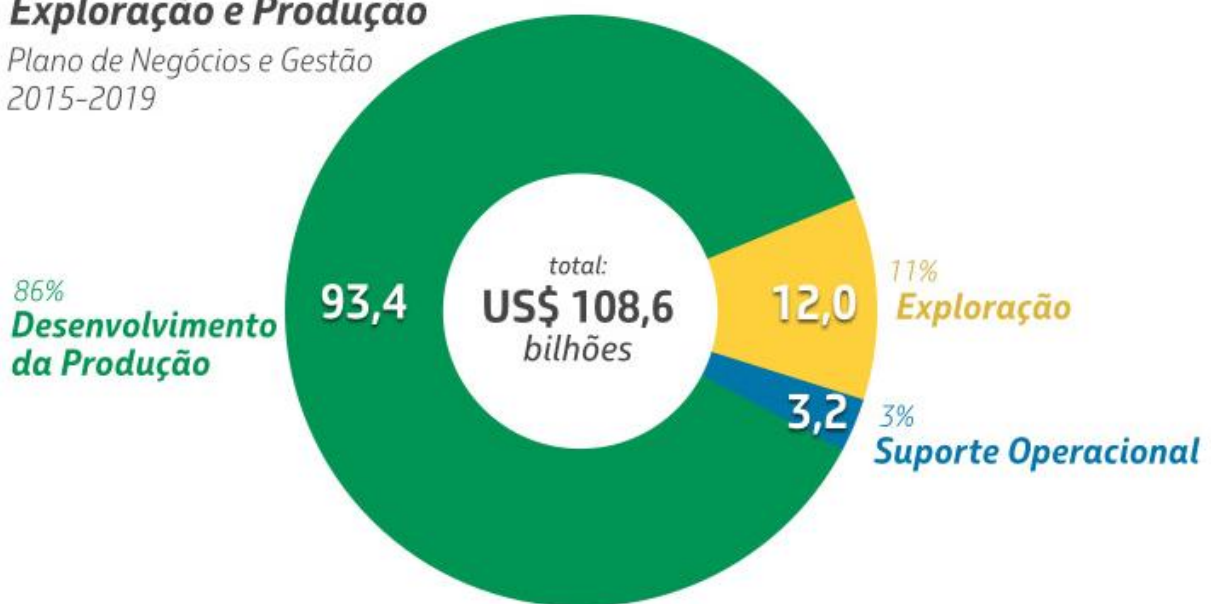
Segundo dados da Aneel, na década de 1970, o petróleo representou quase 50% da energia primária do mundo. Após a crise do petróleo em 1973 e o advento das fontes alternativas, esse percentual teve uma pequena redução, mas ainda representa a maior parte da matriz energética mundial.

Até 2019, o Brasil pretende investir US\$ 108,6 bilhões em exploração e produção de petróleo e gás natural (Figura 6).

Figura 6: Investimentos em Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural no Brasil.

Investimentos em Exploração e Produção

*Plano de Negócios e Gestão
2015-2019*



Fonte: Petrobrás, (2015)

4.2.4 Energia Nuclear

A energia nuclear é uma fonte não renovável, que tem grande potencial energético, pois um pequeno pedaço de urânio pode abastecer uma cidade inteira, porém de grande risco também. É relativamente mais barata que muitas fontes, principalmente em relação ao petróleo, que tornasse mais caro devido à grande procura e a instabilidade relacionada às questões políticas.

A energia nuclear é considerada também uma energia limpa, pois não emite gases que provocam o efeito estufa, nem chuvas ácidas, (PORTAL ENERGIA,

2013). Esse tipo de energia é muito utilizada em países europeus, devido a grande dificuldade de geração de energia a partir da hidroeletricidade, por exemplo.

Como qualquer outra fonte de energia renovável ou não, a energia nuclear apresenta vantagens e desvantagens em sua operação. Vamos citá-los abaixo.

Vantagens da energia nuclear:

- ✓ Limpa, pois não emite gases do efeito estufa;
- ✓ Não depende de questões climáticas para sua geração, a exemplo da energia hidrelétrica, eólica e solar, por exemplo;
- ✓ Tecnologia é bastante desenvolvida;
- ✓ Não utiliza grandes espaços, nem faz mudanças ambientais drásticas como a hidrelétrica, por exemplo;
- ✓ Sua fonte de energia (Urânio) é mais concentrada, o que requer uma utilização menor para gerar uma grande quantidade de energia.

. Desvantagem da energia nuclear:

- ✓ Energia não renovável, portanto finita;
- ✓ Gera grandes resíduos, que precisam ser desativados e isolados de forma adequada, para evitar danos a saúde e ao meio ambiente, devido a contaminação do solo, da água e do ar;
- ✓ Os resíduos podem gerar radioatividade durante anos, interferindo diretamente em ecossistemas e nas comunidades próximas;
- ✓ Risco de acidente, nem é tão alto assim, devido aos protocolos de segurança, mas quando ocorrem tem proporções gigantescas e de longa duração, a saber Chernobyl na Ucrânia (1986) e Fukushima no Japão (2012).

O Brasil conheceu bem uma desvantagem da utilização e descarte inadequado de material radioativo, quando em 1987 na cidade de Goiânia, estado de Goiás tivemos o que foi considerado pela mídia e pelos especialistas um dos maiores acidentes com material radiativo, Césio 137, conforme Figura 7 abaixo.

Figura 7: Reportagem sobre a contaminação radioativa em Goiânia, Goiás.

12 □ 1º caderno □ quinta-feira, 1º/10/87

Nacional

JORNAL DO BRASIL

Césio em ferro-velho espalha radioatividade em Goiânia

Joãoimar Carvalho

GOIÂNIA — Doentes pessoas internadas em estado grave e cerca de 40 em regime especial de observação médica são causa da radioatividade liberada por uma cápsula de césio 137, que veio do Instituto Goiano de Radioterapia e foi vendida a um ferro-velho de Goiânia para sucata, na semana passada. Trata-se de uma peça relativamente grande, pesando de 600 a 800 kg, dentro da qual uma grava, que pesa cerca de 40 quilos, contém o material radioativo.

O Instituto funcionou com autorização da Comissão Nacional de Energia Nuclear, segundo revelou o físico José de Jesus Rosental, diretor do Departamento de Instalação Nuclear, de Cnen (Comissão Nacional de Energia Nuclear), que está em Goiânia, à frente de um grupo de 17 pessoas, orientando as consequências do acidente, o mais grave a ocorrer no Brasil com material radioativo.

O material fora recebido, na quinta-feira, da semana passada, por Wagner Mota Pereira e Roberto dos Santos Alves, no antigo local de Santa Casa de Misericórdia de Goiânia e vendido como sucata ao ferro-velho de propriedade de Deus Alves Ferreira. Há uma versão de que o material teria sido roubado. Os proprietários do Instituto não foram localizados em Goiânia ontem.

Os problemas começaram a surgir na segunda-feira, quando Wagner Mota Pereira foi internado no Hospital de Doenças Tropicais com queimaduras. Roberto dos Santos Alves também foi internado. O dono do ferro-velho e toda sua família também estão contaminados com a radiação de cápsula, que estava no quintal de sua casa.

Ah, ele tentou queimar o material, e toda vez que faz isso atira a liberação de radioatividade da cápsula, sem saber o que estava acontecendo. As crianças se divertiam, brincando aquela "pedra brilhosa", como chegaram a dizer. O problema maior foi a tentativa de Deus Alves Ferreira, o dono do ferro-velho, de quebrar a peça com uma marreta e um martelo, e com isso, segundo o físico Rosental, diluiu o material radioativo, que se espalhou por toda a casa. "Aquilo pôs em perigo todas as pessoas". As crianças até se divertiam, pisando pelo corpo o pó que brilhava como purpurina. Depois os doentes, estavam com queimaduras por todo o corpo, com vômitos e diarreias. As primeiras manifestações da contaminação radioativa.

Tela amarelada — A família de Deus e as pessoas que frequentaram o ferro-velho foram, após constatação do acidente, levadas para quatro hospitais de Goiânia. A Secretaria de Saúde levou a cápsula para sua unidade de vigilância, onde estava a tarde a caixa interna, que contém o material radioativo, foi enviada. A área onde a cápsula estava foi isolada pela polícia e pelo Corpo de Bombeiros.

Diante da possibilidade de que mais pessoas estariam contaminadas, a Secretaria de Saúde isolou o estado Pedro Ludovico, que fica perto da área do acidente, levantou pequenas cabanas e alojou ali cerca de 40 pessoas com suspeita de contaminação. São pessoas das vizinhanças do local do acidente. Elas estão sendo examinadas com bônus especiais.

Muitas pessoas passaram a procurar espontaneamente o estado olímpico, para passarem por testes com o equipamento pelo físico José de Jesus Rosental, que, a partir de hoje, contará com três médicos especialistas em oncologia nuclear. A equipe não sabe a extensão da gravidade da situação, e somente após a análise dos exames que estarão fazendo esta noite é que poderão determinar o grau de risco a que a população de Goiânia está exposta.

Godinho — Laveado do Paulo/Agência O Popular



Wagner Mota recolheu a cápsula com césio e foi internado com graves queimaduras

Um remédio mortal

O césio 137, isótopo empregado em medicina nuclear para controle da expansão de tumores, quando atinge uma pessoa acidentalmente, pode provocar o efeito contrário ao da terapêutica. Hermano Blum, médico de Ilheus (Instituto Brasileiro de Medicina Nuclear) e professor de radiobiologia da Universidade Santa Ursula, afirma que, dependendo da quantidade de radiação liberada sobre uma pessoa, o césio 137 pode provocar, de imediato, hemorragias gástricas, paralisia do sistema nervoso central e morte. A longo prazo, pode causar câncer, catarata, leucemia e anemia aplásica (paralisação da produção das células vermelhas do sangue pela medula óssea).

Blum explicou que uma mulher grávida pode abortar se for exposta ao césio 137, elemento capaz de provocar a formação dos feios, dependendo da quantidade de radiação que absorver.

Fonte: G1 Goiás, (2015)

Há quem defenda e quem condene a energia nuclear, pelos diversos motivos já citados anteriormente, apesar de poucos acidentes na história da utilização dessa fonte de energia, esses deixaram marcar profundas que dificilmente serão esquecidas.

No Brasil, em 1969 o governo delega a Furnas Centrais Elétricas SA incumbência de construir a primeira usina nuclear. Em junho de 1974, as obras civis da Usina Nuclear de Angra 1 estavam em pleno andamento quando o Governo Federal decidiu ampliar o projeto, autorizando Furnas a construir a segunda usina. Em junho de 1975, sob a justificativa de que o Brasil já apontava para uma crise de energia elétrica no para os anos seguintes, devido a ter atingindo seu potencial máximo hidrelétrico, o Brasil assina um Acordo de Cooperação Nuclear com a Alemanha, onde compraríamos oito usinas nucleares e obteríamos toda a tecnologia necessária ao seu desenvolvimento nesse setor, dessa forma o Brasil entrava para a "Era Nuclear".

Atualmente estão em funcionamento Angra 1 e Angra 2. Segundo dados da Eletrobrás a potência bruta de Angra 1 em geração de energia é de 640 MW, em 2014 foi capaz de abastecer 9,9 milhões de habitantes, considerando a média de consumo do Brasil por habitante (0,501 MWh/ano) de acordo com dados do IBGE. A

unidade poderia atender ao consumo do estado do Ceará por aproximadamente 1 ano. Em 2015, a projeção de geração de Angra 1, foi de aproximadamente 4.548.092 MWh, descontando as paradas de reabastecimento e manutenções. Angra 2 opera com um reator alemão Siemens/KWU (atual Areva NP) cuja potência elétrica (bruta) é de 1.350 MW, bem superior a Angra 1. Considerando os mesmos dados de consumo falando anteriormente, Angra 2 abasteceu 20,8 milhões de habitantes com os 10.443.677 MWh que gerou em 2014. Assim, a unidade sozinha poderia suprir a demanda dos estados do Paraná e Maranhão durante um ano, em 2015 foi gerado aproximadamente 10.746.531 MWh.

Angra 2 opera há 15 anos com desempenho comparável ao das mais modernas usinas nucleares existentes no mundo. Projetada para produzir 1.308 MW, Angra 2 vem gerando 41 MW a mais - excedente suficiente para abastecer de energia elétrica de estados como Acre ou Roraima. Angra 2 passou a gerar 1.350 MW a partir de 28 de setembro de 2000, quando foi atingindo, pela primeira vez, o patamar de 100% de potência no reator, durante os testes de comissionamento. Esse padrão de geração pode ser atribuído ao excelente desempenho da planta como um todo e, sobretudo, à constante atualização de seu projeto, incorporando os principais avanços da indústria nuclear alemã. Tais modificações do projeto foram sendo introduzidas em Angra 2, ao longo da operação da Usina. (ELETROBRÁS, 2015).

As obras de Angra 3 foram retomadas recentemente, em 2007, a previsão é que comece a operar em meados de 2018 com potência de 1.405 MW, e que gere mais de 10 milhões de MW por ano, energia suficiente para abastecer Brasília e Belo Horizonte por um ano, de acordo com dados da Eletrobrás, 2015.

Energia nuclear é uma realidade, que não substitui os combustíveis fósseis, mas vem para complementar a necessidade energética mundial, por aspectos positivos nesse tipo de energia.

Temos utilizado essas fontes não renováveis durante anos e anos, nosso desenvolvimento tecnológico e científico se deu graças a exploração dessas fontes, porém, isso não implica dizer que o fizemos da melhor forma, destruimos muito da natureza em troca desse desenvolvimento e a mesma, também não quer dizer que seja tarde para mudar de atitude e reparar ou mitigar um pouco do dano ambiental, e

para tal as fontes renováveis são de grande importância, não como substitutas das anteriores, até porque o potencial ainda é limitado, mas como complemento e para atender a comunidades remotas minimizando os impactos sociais causados pela desigualdade social.

4.3 FONTES RENOVÁVEIS

A sustentabilidade se baseia na tríade: ambientalmente correto, economicamente viável e socialmente sustentável, que deve ser atendida nas pretensões do desenvolvimento dos países. Nessa discussão a questão econômica “sempre” prevalece, pois para que a prática ou o produto seja assimilado pelo mercado ele tem que atender as questões capitalistas de lucro.

Desde o século passado tem se discutido as questões em torno do meio ambiente. A convenção de Estocolmo de 1972, já discutiu um desenvolvimento que gerasse também preservação ambiental. A partir do Protocolo de Kyoto de 1997, ocorreu a intensificação dos debates sobre a questão ambiental, enfatizando as reduções de gases do efeito estufa e as discussões do aquecimento global.

Tem sido cada vez mais frequente a aprovação científica de projetos que possam desenvolver fontes de energia alternativas, que atendam as necessidades de geração de energia como complemento aos combustíveis fósseis.

Desde seu aparecimento na Terra, o homem vem utilizando a natureza a seu favor e modificando o meio para sua sobrevivência, isso ocorreu com a descoberta e a utilização do fogo, com a tração animal, as quedas d'água e a utilização dos ventos no transporte marítimo, a utilização da madeira na queima direta para aquecimento das cavernas cozimento de alimento e iluminação. O desenvolvimento das civilizações está intimamente ligado ao controle e uso das fontes de energia, (SOARES et al, 2006).

A hidroeletricidade, que apesar de ser limpa é uma energia que gera uma grande degradação social e ambiental durante a construção da usina, apresenta também outro problema que é a dependência dos índices pluviométricos, o Brasil, por exemplo, já experimentou o racionamento de energia devido a falta de chuvas, que é um fator essencial para que essa fonte seja viável.

A energia solar que é abundante e não gera nenhum tipo de impacto, sendo uma alternativa bem interessante, a não ser pelos custos que ainda são relativamente altos. Outra fonte que vamos discutir aqui é a energia eólica que se instalada em locais adequados podem ser de grande proveito para atender a necessidade energética da região.

A energia das marés e das ondas, apesar de ainda ser pouco explorada, começou a ser utilizada na Europa na segunda metade do século XX e pouco se tem de tecnologia para explorá-la, a empresa americana nPower, que produz um modelo alternativo de usina de ondas, calcula que o quilowatt-hora pelo seu sistema custa US\$ 0,05, contra até US\$ 0,25 da concorrência solar, porém os custos de implantação são semelhantes ao de uma usina hidrelétrica dependendo do modelo utilizado.

4.3.1 Utilização da madeira, lenha e carvão vegetal

Apesar de a madeira¹ ter sido uma das primeiras fontes utilizadas para a geração de energia, ela é até os dias atuais a principal fonte de energia dos países subdesenvolvidos, por ser barata e relativamente fácil de recompor.

Segundo BRITTO (2007), a madeira tem uma contribuição histórica no desenvolvimento da humanidade, foi utilizada para o cozimento de alimentos e para aquecimento na pré-história, depois passou a ser utilizada como combustível sólido, líquido e gasoso na transformação em energia térmica, mecânica e elétrica. Existe também, a utilização considerada invisível da madeira como fonte de energia, por diversos fatores, entre os quais, o fato de ser mais utilizada em países em desenvolvimento e com baixo potencial econômico. Segundo ele, a cada 6 pessoas 2 utilizam a madeira como a principal fonte de energia. Famílias de países em desenvolvimento usam a madeira como fonte de energia com processos de secagens, cozimentos, fermentações, produções de eletricidade etc. Por outro lado, países como Alemanha, Noruega e Espanha utilizam cerca de 10% da madeira para

¹ *Leitura Complementar: Madeira para Energia, disponível em:*
<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000gcg1gusg02wx5ok0rofsmqn47zi4f.html>

fins energéticos. Na Rússia e na Suíça esse valor chega a 20%. Na Dinamarca, Itália e Hungria ultrapassa os 50% da utilização da madeira para fins energéticos. Apesar disso, se comparado aos países em desenvolvimento o volume de utilização é muito menor.

Segundo ESCOBAR (2015), no Brasil a utilização da madeira para fins energéticos representam uma fatia significativa na matriz energética nacional. O grande problema é que boa parte dessa madeira é extraída da floresta nativa (cerrado e caatinga), o que contribui para o desmatamento. Em 2013, a madeira para fins energéticos (lenha, carvão e lixívia) foi responsável pela produção de 30,4 toneladas equivalente de petróleo (tep) relativamente proporcional à hidráulica que produziu 39,2 (tep). A madeira atende principalmente a indústria siderúrgica, que utiliza o carvão vegetal como termorreduzidor no processo industrial, esse setor é responsável por 37% do consumo de madeira no país.

Faz-se necessário, portanto, um debate mais aprofundado sobre a utilização da madeira para que seja feita a substituição da madeira nativa pela plantada, evitando o desmatamento, já que existem diversos tipos de madeiras de curta rotação que podem suprir essa carência energética sem gerar grandes danos ao meio ambiente. (ESCOBAR, 2015).

4.3.2 Hidroeletricidade

A energia elétrica é uma das fontes mais exploradas no mundo, por ser considerada também uma energia limpa e renovável, VICHI e MANSOR (2009) afirmam que essa fonte é explorada em mais de 160 países, mas Brasil, Canadá, China, Rússia e Estados Unidos juntos correspondem a mais de 50% da produção mundial. Apesar disso, a quem condene essa fonte de energia devido aos impactos provocados na instalação de uma usina hidrelétrica.

No Brasil², esse tipo de energia tem papel fundamental na matriz energética nacional, devido à abundância hídrica que o país apresenta. Apesar do grande

² *Leitura Complementar: Ver link sobre a primeira hidrelétrica do Brasil, disponível em:*

http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2013/05/18/interna_gerais,389704/primeira-hidreletrica-do-pais-foi-construida-em-minas-ha-mais-de-100-anos.shtml

potencial de transformação de energia desse setor, estamos vivendo um momento de crise muito forte associado a diversos fatores, dentre eles, as questões naturais da falta de chuvas nas cabeceiras dos rios, ocasionando uma redução no volume d'água nos reservatórios que movimentam as turbinas para a geração de energia, a alta carga tributária brasileira e as questões políticas e econômicas da crise vivida atualmente no país, que tem elevado muito o preço das tarifas de energia no país.

A energia hidráulica não é, entretanto, livre de riscos. Temos ainda na memória o racionamento de eletricidade decretado em junho de 2001, causado pela quantidade de chuvas muito abaixo do normal no biênio 2000-2001. Os motivos que levaram ao racionamento, além da falta de chuvas, são complexos e fogem ao escopo desta contribuição, mas dão uma medida dos riscos associados a uma matriz energética com grande predominância de uma única fonte, ainda que renovável e ambientalmente correta. (VICH E MANSOR, 2009).

Apesar da crise que estamos passando, se observamos a tabela 4 abaixo perceberemos que o setor tem apresentado desde 2005 até 2014 certa estabilidade na produção, com pequenas baixas em anos alternados, e recuperação acima do esperado no ano subsequente, compensando a perda do ano anterior.

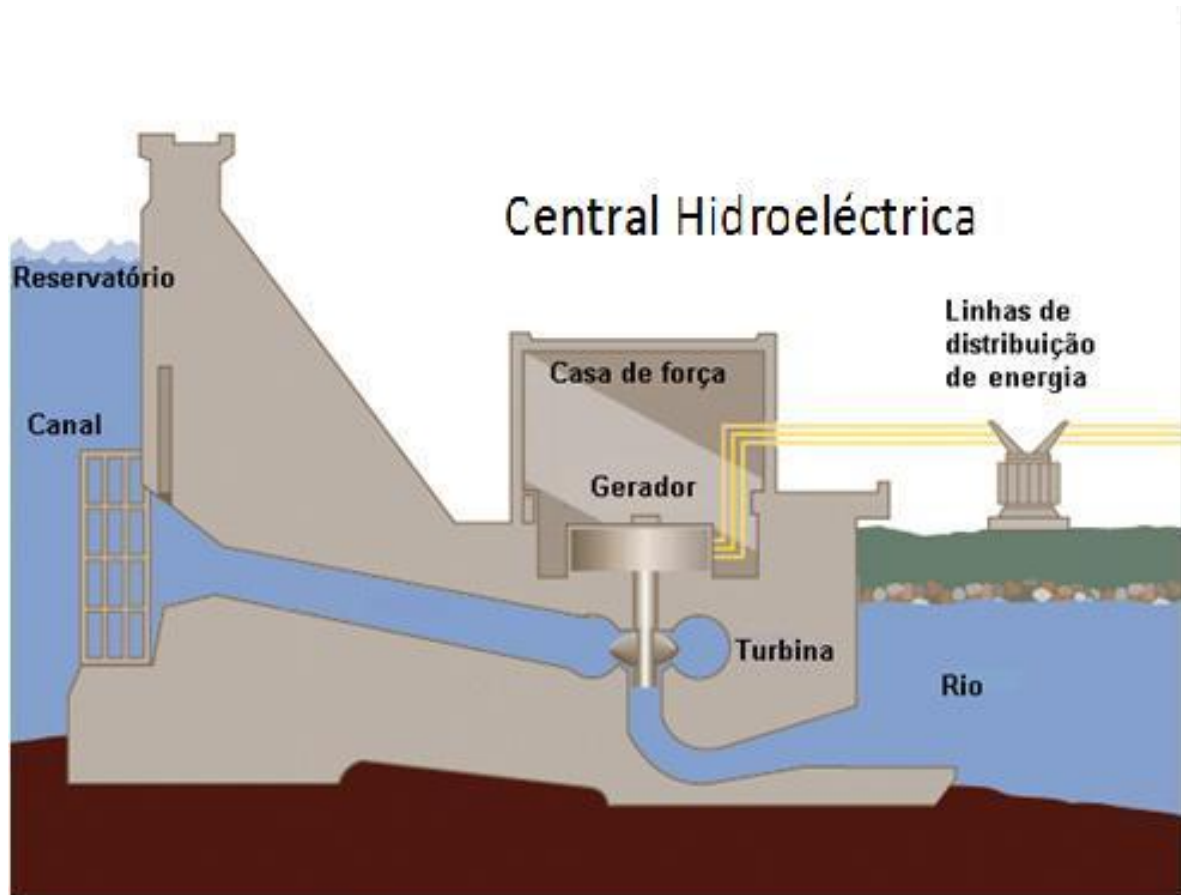
Tabela 3: Produção de Energia Hidráulica no Brasil

Fluxo	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Produção	337.457	374.015	390.998	428.333	390.992	373.439
Consumo Total	337.457	374.015	390.998	428.333	390.992	371.439
Transformação	337.457	374.015	390.998	428.333	390.992	371.439
Geração Pública	325.053	359.256	371.670	405.621	368.939	351.351
Geração de Autoprodutores	12.404	14.759	19.318	22.712	22.063	22.088

Fonte: Balanço Energético Nacional 2015 (adaptada)

Vamos entender um pouco sobre o funcionamento de uma usina hidrelétrica nas figuras 8 e 9.

Figura 8: Esquema transversal de uma barragem



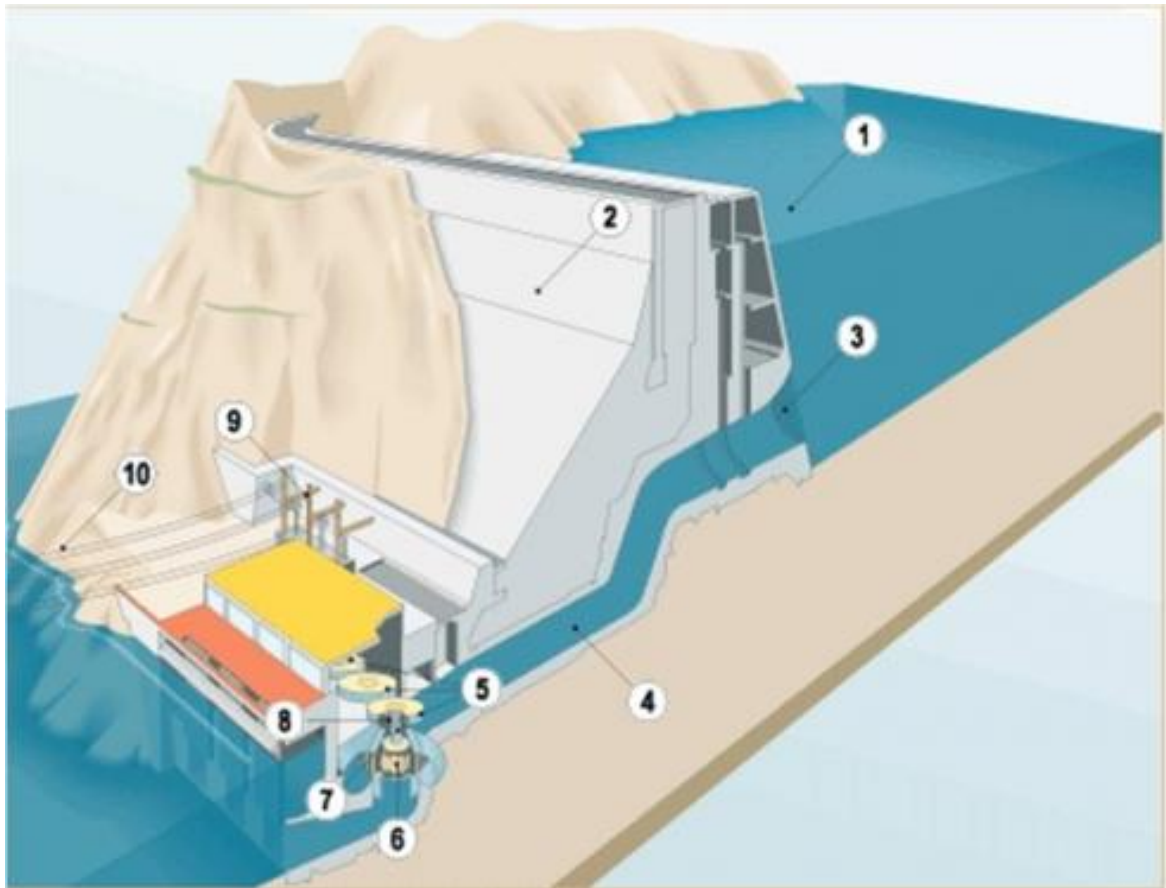
Fonte: Portal Energia

Apesar de ter uma estrutura gigantesca, as usinas hidrelétricas³ tem um funcionamento relativamente simples, mas que precisa funcionar integrado e em conjunto. Esse tipo de energia transforma a energia cinética em elétrica. É necessário uma barragem que interrompe a vazão normal das águas, um reservatório para o armazenamento de água (esse reservatório garante certa estabilidade na produção de energia durante todo o ano), canais que servem para conduzir a água até as turbinas, que são movimentadas pela pressão que a água exerce sobre elas e geram a energia cinética, essas turbinas estão ligadas a um

³ Saiba Mais: *Brasil Visto de Cima: Raso da Catarina e Hidrelétricas de Paulo Afonso*. 2º Temporada Episódio 21, disponível em: <http://globosatplay.globo.com/globosat/v/4505773/>

gerador que transforma essa energia em elétrica, a água então é liberado de volta ao rio para seguir seu curso normal. A energia transformada então é jogada nas linhas de alta transmissão, daí se inicia outro processo até chegar as nossas residências, QUEIROZ et al, (2013).

Figura 9: Esquema de uma barragem hidrelétrica



Fonte: Portal Energia

1-Reservatório; 2- Paredão da Barragem; 3- Grelhas de Filtração; 4- Canalização forçada; 5- Turbina e Alternador; 6- Turbina hidráulica; 7- Eixo; 8- Gerador Elétrico; 9- Transformadores; 10- Linhas de transporte de energia elétrica.

4.3.3 Energia Solar

A energia solar é 100% limpa e renovável e ilimitada, por se tratar do sol como sua fonte. Pode ser aproveitada de duas maneiras, a primeira é fotovoltaica e utiliza painéis que possuem células fotovoltaicas que utiliza e transforma a luz do Sol em energia elétrica de forma direta. A segunda é térmica, que utiliza o calor do sol

para aquecer a água que se transforma em vapor, em um procedimento semelhante ao das termoelétricas. Atualmente com as diversas tecnologias é possível armazenar a energia gerada para os períodos noturnos.

As diversas fontes de energia precisam do sol para se desenvolver, por exemplo, a hidráulica, eólica, biomassa, combustíveis fósseis e energia dos oceanos são formas indiretas da energia solar, ANEEL. A energia solar pode ser utilizada como energia primária térmica, para geração de energia mecânica e elétrica. A conversão direta da energia solar em elétrica ocorre devido a radiação sobre alguns metais considerados semicondutores. A primeira vez que isso foi observado foi por um físico francês em 1939 chamado Alexandre Edmond Becquerel. “Um muito jovem Becquerel conduzia experiências eletroquímicas quando, por acaso, verificou que a exposição à luz de eléctrodos de platina ou de prata dava origem ao efeito fotovoltaico.” (Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa).

A conversão de energia solar em energia elétrica foi verificado pela primeira vez por Edmond Becquerel, em 1839 onde constatou uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor quando exposto a luz. Em 1876 foi montado o primeiro aparato fotovoltaico resultado de estudos das estruturas no estado sólido, e apenas em 1956 iniciou-se a produção industrial seguindo o desenvolvimento da microeletrônica.

Neste ano a utilização de fotocélulas foi de papel decisivo para os programas espaciais. Com este impulso, houve um avanço significativo na tecnologia fotovoltaica onde aprimorou-se o processo de fabricação, a eficiência das células e seu peso. Com a crise mundial de energia de 1973/74, a preocupação em estudar novas formas de produção de energia fez com a utilização de células fotovoltaicas não se restringisse somente para programas espaciais, mas que fosse intensamente estudados e utilizados no meio terrestre para suprir o fornecimento de energia. (CRESESB).

Um dos fatores que impediam a utilização da energia solar eram os altos custos dos painéis solares, os primeiros chegaram a ser produzidos a US\$600/W para os programas espaciais citados acima, com a entrada de novas empresas nesse setor e o investimento em novas tecnologias, atualmente chegam a custar em média US\$8/W, e justamente por isso tem sido utilizados em regiões mais remotas com programas sociais de baixo custo e para famílias de baixa renda, em atividades agropastoris, de irrigação e comunicação. (CRESESB).

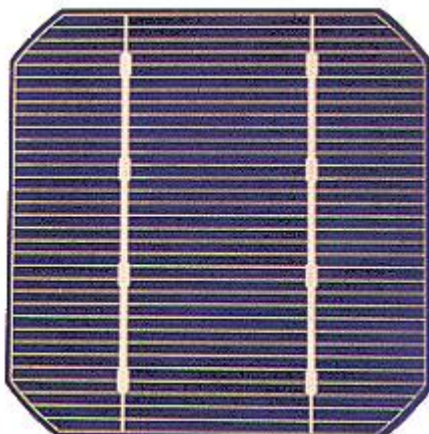
A energia solar pode ser mais bem aproveitada em algumas regiões da terra, isso por causa da incidência solar, devido ao eixo de inclinação da terra. O Brasil, por exemplo, tem um grande potencial para a geração de energia solar por ter a maior parte de seu território na região dos trópicos e próximos a linha do Equador, com forte incidência solar (luz e calor) o ano inteiro. Esse tipo de energia poderia abastecer boa parte da nossa demanda e diminuir a dependência da energia hidrelétrica que atualmente passa por uma crise devido às instabilidades climáticas, como a seca, porém esse tipo de energia não ganha espaço na matriz energética brasileira por alguns motivos óbvios, já que o governo é quem regulamenta a produção, distribuição e o preço da energia no país, produções independentes gerariam menos receita, por exemplo, e a perda do controle sobre esse setor⁴.

Uma das formas mais conhecidas e utilizadas da energia solar são os painéis ou células fotovoltaicos, estes são componentes optoeletrônicos que convertem diretamente a radiação solar em eletricidade.

Atualmente as células fotovoltaicas mais utilizadas são feitas de silício, que pode ser dividido em 3 grupos: Monocristalizado com grau de pureza em 98% e 99%, razoavelmente eficiente do ponto de vista energético e de custo, precisa ser associado a outro semicondutor de pureza 99,99999% para funcionar como célula fotovoltaica (Figura 10); Policristalizado são mais baratas que a monocristalizadas e menos puras reduzindo a eficiência energética, apesar de ter a mesma forma de fabricação das monocristalizadas, são produzidas com menos rigor (Figura 11); Silício Amorfo possui alto grau de desordem na estrutura dos átomos e com isso tem eficiência energética menor que os mono e policristalizados, devido a isso as células passam por uma degradação nos primeiros meses de uso, o que reduz ainda mais a eficiência ao longo da vida útil, apesar disso, tem sido uma tecnologia forte e de baixo custo na produção de fotovoltaicos tanto no processo de fabricação quanto nas propriedades elétricas.

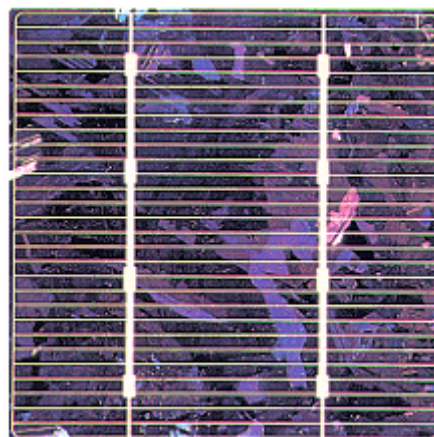
⁴ *Leitura Complementar: Carta Capital: Porque a energia solar não deslança no Brasil? Disponível em: <http://www.cartacapital.com.br/blogs/outras-palavras/por-que-a-energia-solar-nao-deslanca-no-brasil-3402.html>*

Figura 10: Silício Monocristalizado



Fonte: CRESESB

Figura 11: Silício Policristalizado



Fonte: CRESESB

De acordo com a tabela 5 abaixo, percebemos que a eficiência do silício monocristalizado, ou cristal simples apresenta-se maior que os outros dois tipos citados anteriormente, porém o preço comercial do mono e policristalizado para o consumidor final apresenta um equilíbrio, ficando de fato a critério a escolha da eficiência, e do custo benefício.

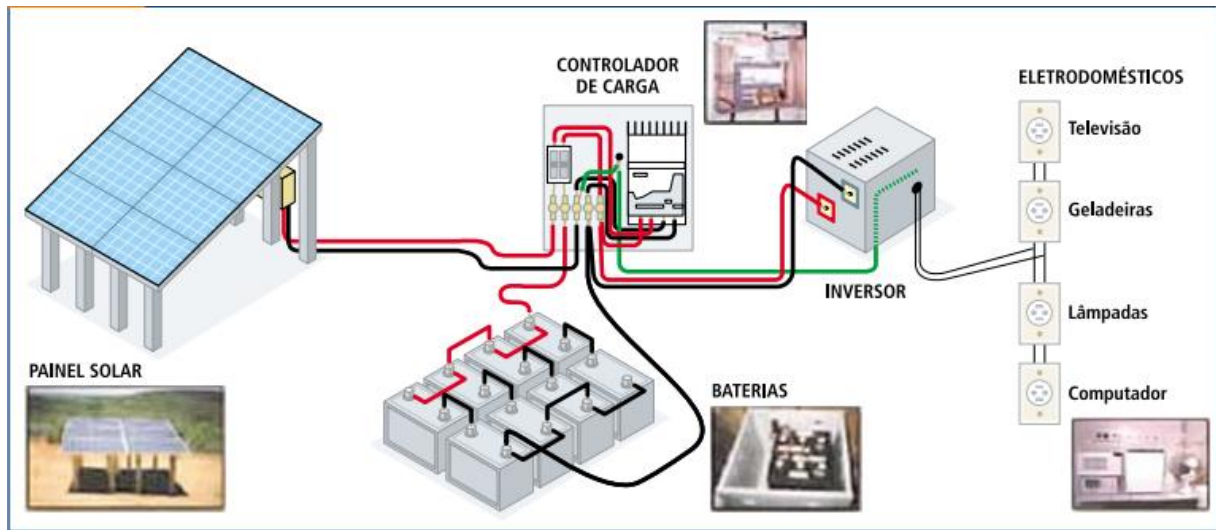
Tabela 4: Eficiência de Conversão e o Custo de Células Solares.

Tipo de Célula	Eficiência(%)			
	Teórica	Laboratório	Comercial	Custo
Silício de cristal Simples	30,0	24,7	12 a 14	4 a 7
Silício concentrado	27,0	28,2	13 a 15	5 a 8
Silício policristalino	25,0	19,8	11 a 13	4 a 7
Silício amorfo 17,0	13,0	4 a 7	3 a 5	—

Fonte: CRESESB.

Atualmente várias empresas produzem painéis solares, com diversidade de eficiência e custo, segundo dados do Portal Energia de novembro de 2015, podemos citar: Soitec & Fraunhofer Institute – 46% de eficiência estas células solares são líderes mundiais. Elas são usadas pela agência espacial NASA; Sharp – 44.4% de eficiência; Sharp – 37.9% de eficiência; (IES) Spanish solar research institute (IES) and university (UPM) – 32.6% de eficiência dentre outras, a chave disto tudo é chegar à melhor relação custo-eficiência.

Figura 12: Ilustração de um sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica.



Fonte: Aneel - Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2008

No Brasil os investimentos em energia solar ainda são limitados, por ainda apresentar um alto custo de instalação e o retorno financeiro para esse custo é lento, além da política pública que acaba desestimulando esse tipo de atitude. Recentemente o Instituto Federal do Rio Grande Norte⁵ investiu nesse tipo de energia com a instalação de 825 placas solares, sobre o telhado dos blocos de sala de aula dos campi de Canguaretama, São Paulo do Potengi, Ceará-Mirim, Currais Novos, Parelhas e São Gonçalo do Amarante, estima-se que a energia gerada suprirá cerca de 11% do consumo sendo gerados 26.200kwh/mensal, o que representa uma economia de R\$ 116,3 mil anual para o campus, como também uma redução de 28 toneladas na emissão de dióxido de carbono (CO₂) por ano, com perspectiva de ampliação para outros campi e de aumentar a geração nos campi que já existem. Além de utilizar uma energia limpa e renovável esse projeto ainda servirá como laboratório para os alunos do curso de eletrotécnica, engenharia de energia e informática.

⁵ Saiba Mais: Projeto IFRN de Energia Solar, disponível em: <http://portal.ifrn.edu.br/campus/reitoria/noticias/campus-natal-central-comeca-a-produzir-energia-solar>

4.3.4 Energia Eólica

A energia eólica é utilizada desde os primórdios, para movimentar, por exemplo, as embarcações que eram a vela e precisavam da intensidade e da direção dos ventos. O Vento era considerado um deus para a mitologia grega, Éolo muito reverenciado por essa civilização clássica⁶.

Podemos definir esse tipo de energia como, a energia cinética de translação contida nas massas de ar em movimento, a energia eólica que conhecemos com as hélices, turbinas, aerogeradores, moinhos e cataventos (muito utilizada para bombear água para as plantações e para consumo humano na antiguidade e em regiões mais remotas) é a energia cinética de rotação, que é transformada em energia elétrica, ANEEL, 2005 (Atlas de energia elétrica do Brasil). Apesar disso, só passou a ser utilizada como energia elétrica após a crise do petróleo, quando em 1976 foi instalada na Dinamarca a primeira turbina eólica ligada a rede elétrica.

A capacidade instalada do mundo tem aumentado significativamente, nos anos 1990 era de apenas 2.000 MW, em 1994 subiu para 3.734 MW, em 1998 chegou a 10.000 MW e no final de 2002 a capacidade total ultrapassou 32.000 MW. Vale salientar, que entre os principais países que estão investindo fortemente nesse setor estão à Alemanha, EUA, Dinamarca e Espanha, ANEEL (2005), dados mais recentes da WWEA (Associação Mundial de Energia Eólica, 2012) mostram que a China assumiu a liderança com 62%, Estados Unidos com 47% e a Alemanha com 29% de transformação e utilização da energia eólica conforme Figura 13.

É uma energia limpa e renovável, do ponto de vista ambiental, há quem diga que pode ser visualmente poluente, e que o projeto do parque eólico deve-se integrar a paisagem, há também a questão do ruído que as turbinas representem outro problema (Castro, 2005), no Brasil, no entanto tais problemas não são significativos visto que os parques eólicos existentes não são em áreas urbanas por diversos fatores, segundo a GE REPORTS BRASIL, uma das maiores empresas desse setor energético no país.

⁶ Saiba Mais: Éolo, deus dos ventos na mitologia Grega: <http://eventosmitologiagrega.blogspot.com.br/2010/12/eolo-o-deus-dos-ventos.html>

Figura 13: Energia Eólica- Capacidade instalada no mundo



Fonte: WWEA (2012)

A escolha do local para a exploração da energia eólica⁷ deve-se levar em consideração diversos fatores de acordo com qual tipo de sistema e qual fim se quer utilizar essa energia gerada, observa-se a intensidade e a frequência dos ventos. Geralmente são construídas em áreas abertas e planas, para evitar bloqueios naturais que possam diminuir a intensidade e a frequência dos ventos. Para um parque eólico, deve ser um terreno amplo para ter uma distância considerável entre as torres evitando interferências entre elas, para que haja um aproveitamento máximo dos ventos entre as torres, devem-se observar também as questões meteorológicas e climáticas, evitando regiões propensas a tufões, maremotos, tempestades que sofrem grandes rajadas de ventos, pois estes podem danificar as turbinas gerando picos de energia durante esses fenômenos.

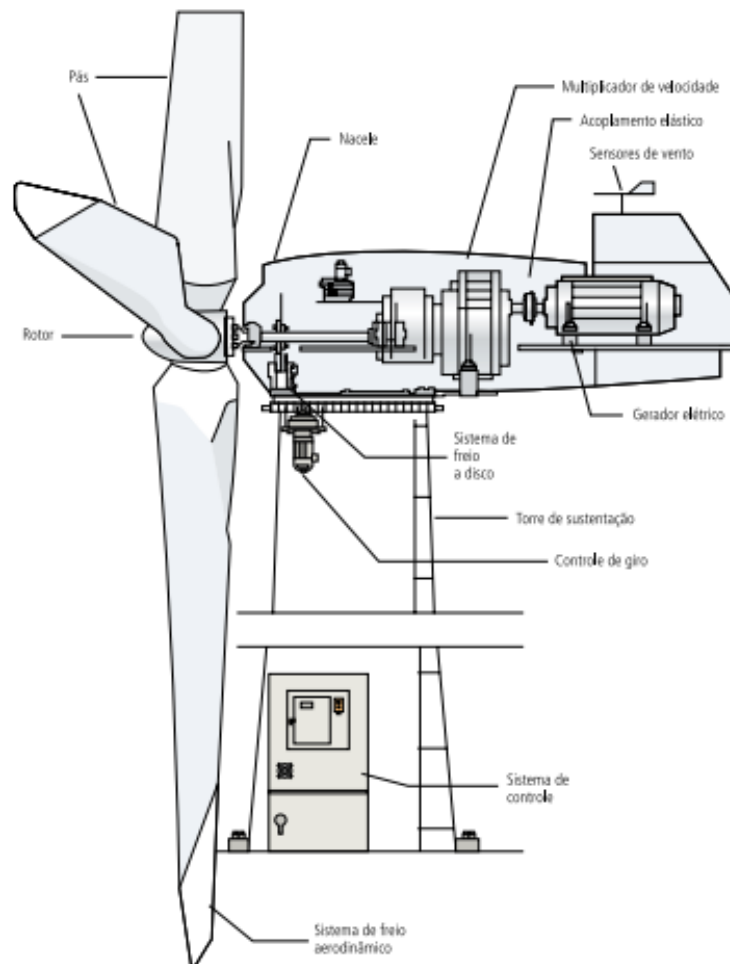
Segundo dados da ANEEL 2005, desde o surgimento desse tipo de energia, existiram vários modelos de turbina, de eixo vertical, eixo horizontal, com uma, duas

⁷ *Leitura Complementar: Etapas da construção de um parque eólico, disponível em:* <http://eletrocuriosidades.blogspot.com/2012/10/etapas-da-construcao-de-um-parque-eolico.html>

e três pás, depois de muitos estudos chegou-se ao consenso da turbina de 3 pás de eixo horizontal, conforme Figura 14 abaixo.

As primeiras turbinas instaladas na década de 1970 tinham capacidade média de geração de 10-50KW, no início dos anos 1990 essa potência chegou de 100-300KW, em 1995 já chegavam de 300-750KW, em 1997 foram lançadas as turbinas de grande porte que podiam chegar a 1,5MW, em 1999 surgiram as primeiras turbinas eólicas de 2MW e hoje existem protótipos de 3,6MW e 4,5MW sendo testados na Espanha e Alemanha.

Figura 14: Desenho esquemático da turbina eólica moderna



Fonte: Aneel 2005

A energia eólica tem representado uma alternativa as fontes não renováveis e mesmo as fontes renováveis como a hidroeletricidade que passa por muitas intempéries nesse cenário de aquecimento global, el ninho e lá ninha, as constantes

secas, tem levados os reservatórios aos níveis mais baixos e prejudicado a produção energética, gerando o aumento do custo da energia que é repassado para o consumidor final, como é o caso do nosso país. Essa alternativa deve ser explorada e viabilizada, quer seja em escala de grande produção, quer seja para alimentar regiões remotas, podemos citar, por exemplo, o Parque eólico de Lagoa dos Patos⁸, no Rio Grande do Sul, parque eólico marítimo, ver Figura 15. A região foi escolhida por ser a maior laguna do Brasil e a segunda maior da América Latina, foram feitos estudos de relevo, direção e intensidade dos ventos, percebeu-se que com torres de 100metros de altura e ventos variando entre 6.5 e 7.0m/s de velocidade a geração média anual pode chegar a 38,55TWh/ano, com um rendimento anual de cerca de 85% do potencial nos 365 dias do ano, veja na Leitura Complementar!

Figura 15: Imagem real de um Parque Eólico Marítimo.



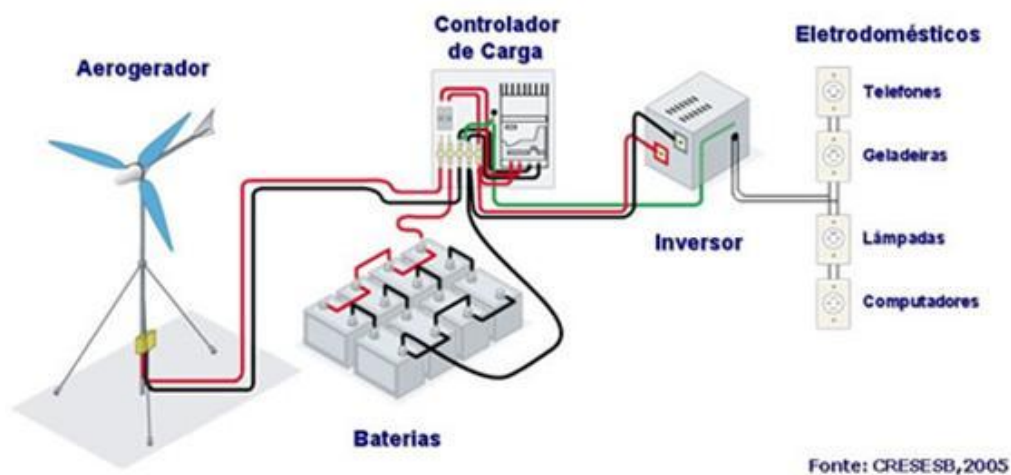
Fonte: http://ecen.com/eee83/eee83p/viabilidade_energia_eolica.htm

⁸ Leitura Complementar: Parque Eólico Lagoa dos Patos, disponível em: http://ecen.com/eee83/eee83p/viabilidade_energia_eolica.htm

Entendamos que existem basicamente 3 tipos de sistemas eólicos, que atendem a consumo diferenciados de energia, são eles:

Sistema Isolado: Como o próprio nome diz, ele é isolado da rede elétrica, esse sistema utiliza bateria para armazenar a energia produzida, deve-se fazer adequações para utilizar esse sistema em aparelhos domésticos e industriais, transformando a corrente contínua em corrente alternada, Figura 16.

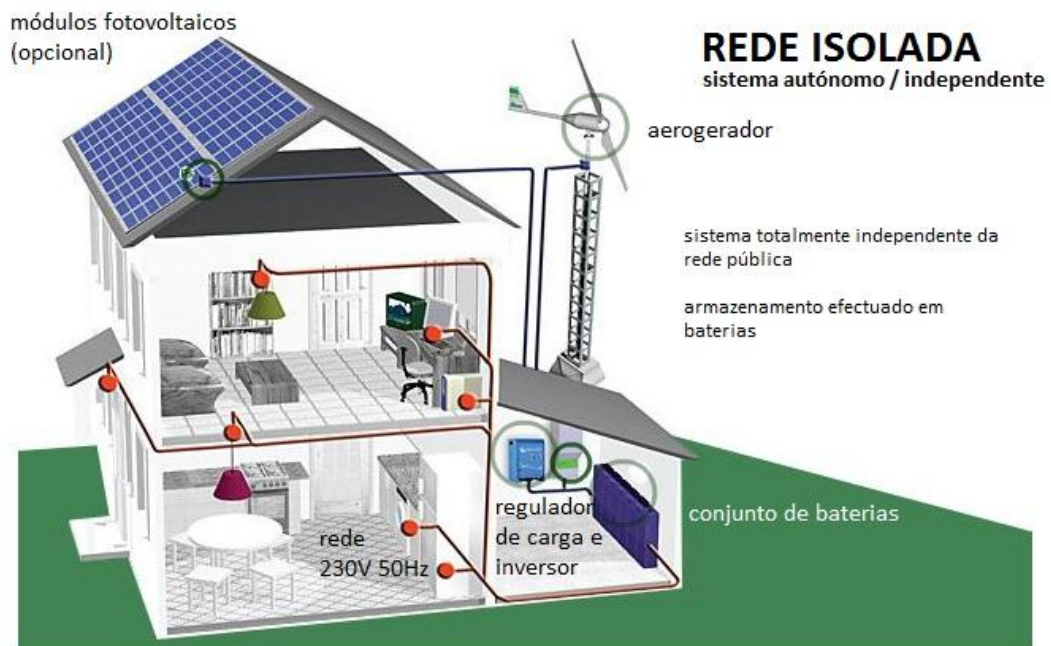
Figura 16: Sistema Eólico Isolado



Fonte: CRESESB, 2005

Sistema Híbrido: São sistemas que funcionam com mais de uma fonte de energia, solar, geradores com diesel/biodiesel, funciona da mesma forma que o sistema anterior, só que a bateria é alimentada por mais de uma fonte de energia, Figura 17.

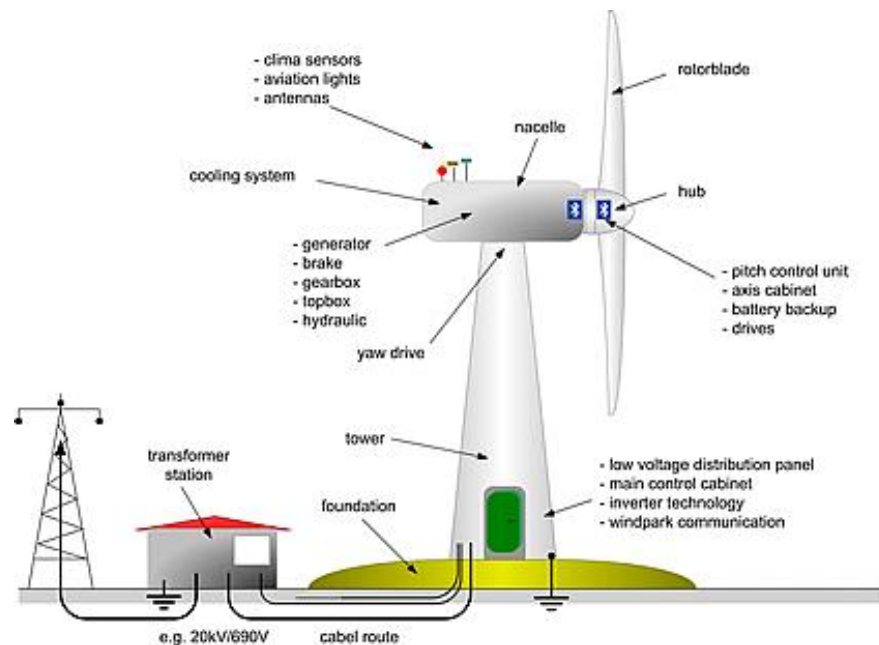
Figura 17: Sistema eólico híbrido – fotovoltaico e aerogeradores



Fonte: CRESESB, 2005

Sistema de Injeção na Rede: São os sistemas que inserem a energia excedente na rede elétrica, nesse caso os aerogeradores são de alta tensão, Figura 18.

Figura 18: Sistema eólico de injeção na rede.



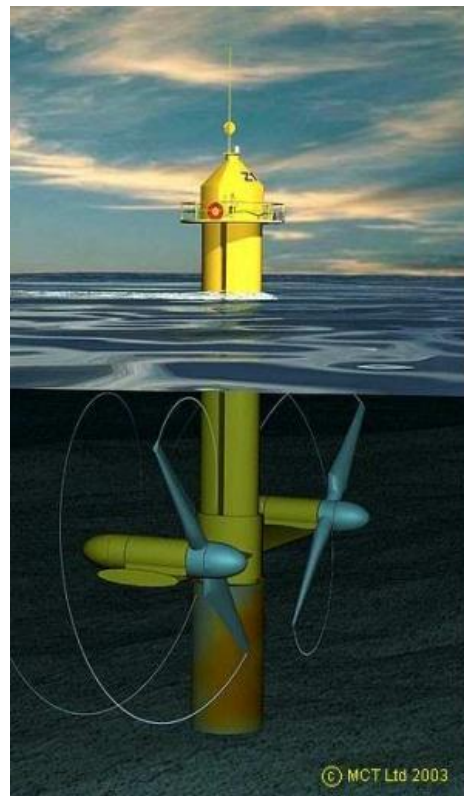
Fonte: CRESESB, 2005

4.3.5 Energia das Marés

Essa fonte ainda é muito recente em relação a exploração, porém muito abundante, pois está relacionada a força gravitacional que a lua e o sol exercem sobre a Terra, mais conhecida com a influência das marés que acontece a cada 6 horas e 12 minutos, (TAVARES, 2005). Essa fonte além de renovável, limpa e inesgotável ao ser transformada em energia elétrica não gerar nenhum tipo de poluente.

Alguns países já utilizam essa energia, porém ainda é pouco divulgada. Podemos citar, por exemplo, o Reino Unido, França, Noruega, EUA e Escócia. Notemos que todos são países ricos, pois essa forma de geração de energia apresenta altos custos e torna-se cara por ocupar grandes áreas e geralmente áreas consideradas nobres. No modelo Britânico a dependência do ciclos de Marés é menor, visto estar instalada em áreas mais profundas, utiliza-se a força das correntes marítimas, conforme Figura 19.

Figura 19: Modelo de Turbina Britânico.



Fonte: Tavares, 2005

TAVARES, (2005) afirma ainda que para o aproveitamento dos ciclos de marés é necessário o represamento de água semelhante ao da geração de uma hidrelétrica, o que reafirma o custo de instalação. A Figura 20 mostra a usina de La Rance, na França, que está em funcionamento desde 1966 com capacidade instalada de 240 MW e 24 turbinas, com 330 metros de comprimento e 8 de largura é a maior usina maremotriz do mundo e gera 540 GWh por ano, isso representa apenas 30% da utilização de seu potencial.

Figura 20: Vista panorâmica da usina de La Rance, na França.



Fonte: Tavares, 2005

Recentemente o Brasil⁹ mostrou que tem potencial com esse tipo de energia, instalando sua primeira usina maremotriz em Pecém, São Gonçalo do Amarante na região da Grande Fortaleza, sendo esse o primeiro projeto latino-americano com essa fonte de energia, com um protótipo brasileiro e com apoio do governo do Ceará que cedeu a área para exploração da fonte e de empresas privadas interessadas em fontes alternativas, Figura 21 abaixo.

Essa fonte apresenta vantagens e desvantagens que ainda impedem sua utilização em larga escala, vejamos as principais.

⁹ *Leitura Complementar: Energia das Ondas e Marés em Pecém, Ceará.*
http://www.istoe.com.br/reportagens/88612_COMO%20UMA%20ONDA%20NO%20MAR

*Vantagens da energia das Ondas e Marés

Limpa e renovável;

A constância e previsibilidade da ocorrência das marés;

O facto de as marés serem uma fonte inesgotável de energia;

O fato de ser uma fonte de energia não poluente.

Apresentar riscos mínimos ao meio ambiente;

Possuir grande volume de água do mar para geração de energia;

*Desvantagens da Energia das Ondas e Marés

Fornecimento instável, pois depende do vento e outros fatores para que a maré seja forte ou não;

Altos custos de instalação dos equipamentos;

Baixa frequência das ondas para acionamento das turbinas;

Consequente baixo rendimento – necessárias amplitudes de marés superiores a cinco metros para que seja rentável;

As instalações devem ser fortes e sólidas o suficiente para resistirem às tempestades, ao mesmo tempo em que deve ser sensíveis o bastante para captação da energia das marés.

Figura 21: Usina Maremotriz em Pecém, São Gonçalo do Amarante - Ceará



Fonte: Isto é, 2016

4.4 TÓPICOS ESPECIAIS: ENERGIA DA BIOMASSA

Diante de tanta tecnologia e do surgimento diário de produtos, o mercado consumidor tem produzido muito mais lixo, com o descarte de produtos, que até uns anos eram concertados, hoje são jogados fora e geram um aumento significativo dos resíduos sólidos. Esse aumento dos resíduos sólidos tem se tornado um problema no contexto mundial, atualmente cada pessoa produz em média por dia 1,2kg de lixo no Brasil e no mundo, segundo dados do Portal de Resíduos Sólidos, 2013, o Brasil produz diariamente cerca de 250mil toneladas de lixo. O lixo é dividido em duas categorias básicas (Ver Figura 22, sobre a separação do lixo): Lixo inorgânico composto por papeis em geral, plástico, metais (ferro, alumínio, aço e outros) vidros; Lixo inorgânico que são restos alimentares, resíduos animais, restos industriais com as palhas e folhas de diversas culturas alimentares, a exemplo, a do arroz e da cana.

Atualmente uma alternativa para minimizar os danos causados pelos resíduos sólidos inorgânicos, (que levam anos e anos para se decompor na natureza e que podem causar danos ambientais se o descarte não for adequado, como por exemplo as pilhas e baterias que estão tão presentes em nosso dia a dia), surgiram as cooperativas que além de tratarem o lixo¹⁰ de forma adequada geram emprego e renda para as famílias que estão sob riscos sociais.

Enquanto as cooperativas apresentam-se como uma forma de amenizar e quem sabe no futuro, com investimentos e incentivos por parte do governo e de grandes empresas sanar o problema dos resíduos tecnológicos, para os resíduos alimentares e animais há também uma alternativa que precisa ser estimulada, o uso dos resíduos de Biomassa podem representar um grande avanço quanto ao descarte e a reutilização desses resíduos na geração de energia.

A biomassa tem sido utilizada com fonte para geração de energia, por ser considerada limpa, visto que as emissões de CO₂ são baixas e reutilizam rejeitos que não teriam valor comercial, por isso são consideradas também renováveis, visto que

¹⁰ *Leitura Complementar: Cooperativas gerando emprego e renda para a população*
<http://www.alagoas24horas.com.br/947876/cooperativas-de-maceio-aumentam-renda-com-reciclagem-de-eletronicos/>

utilizam produtos que sempre serão gerados a partir da decomposição de materiais orgânicos. A partir da Biomassa podemos gerar diversas formas de energia a partir de diversos processos como, por exemplo: o Biogás, Etanol, Biodiesel, Pellets e Briquetes, esses dois últimos não serão alvo de estudo por não terem abordagem no ensino médio, segundo dados do ENEM.

Figura 22: Separação do Lixo



Fonte: <http://www.camposdejulio.mt.gov.br/Noticias/Plano-de-gerenciamento-de-residuos-solidos-da-construcao-civil-do-lixo-domestico-do-entulho/>

4.4.1 Biogás

Conhecido também como “gás do pântano” por ser encontrado ou produzido em processo da natureza, como na digestão de animais herbívoros, a lama de vulcões, na metabolização de certas bactérias, na decomposição de lixo orgânico, da extração de produtos minerais (principalmente petróleo), aquecimento de biomassa anaeróbica, é um gás inodoro e incolor, composto basicamente por CH_4 e outros gases. É um gás altamente poluente se liberado na natureza, chegando a ser 21x mais poluente que o CO_2 e altamente explosivo FARIA, (2010).

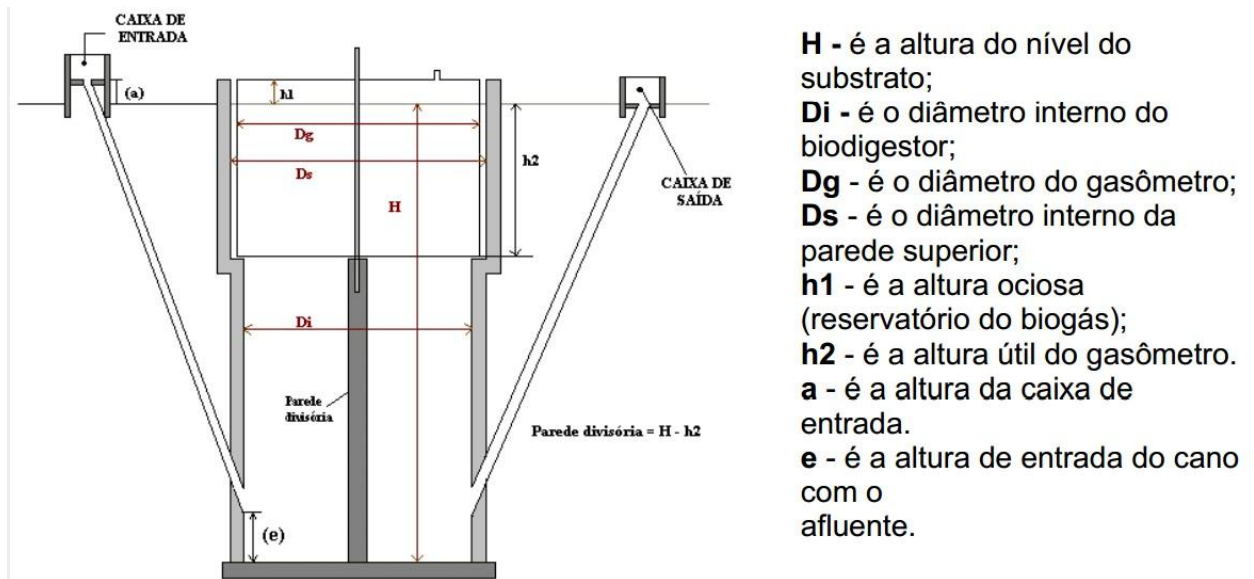
A utilização dos biodigestores¹¹ está associada a países com baixo índice de desenvolvimento como é o caso da Índia, ou com dificuldades de abastecimento energético devido à extensão territorial e as questões geográficas com é o caso da China.

Existem diversos modelos de biodigestores que se adaptam a realidade de cada região, a saber, o modelo Indiano, Chinês, Batelada e Canadense. Vamos exemplificar e mostrar cada um deles.

Modelo Indiano: uma campânula flutuante como gasômetro, sendo que a mesma pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação. Existe ainda uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras, onde a função desta divisória é fazer com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação de forma homogênea. O biodigestor possui pressão de operação constante, ou seja, à medida que o biogás produzido não é consumido, o gasômetro desloca-se verticalmente, aumentando o volume deste, mantendo dessa forma a pressão constante em seu interior. Do ponto de vista construtivo, apresenta-se de fácil construção, contudo o gasômetro de metal pode encarecer o custo final, e também à distância da propriedade pode dificultar e encarecer o transporte inviabilizando a implantação deste modelo de biodigestor, ver Figuras 23 e 24, modelo de biodigestor indiano.

¹¹ *Leitura Complementar: Histórico dos biodigestores e da descoberta do “Gás do Pântano”*
<http://rastrobiodigestores.com.br/historia/>

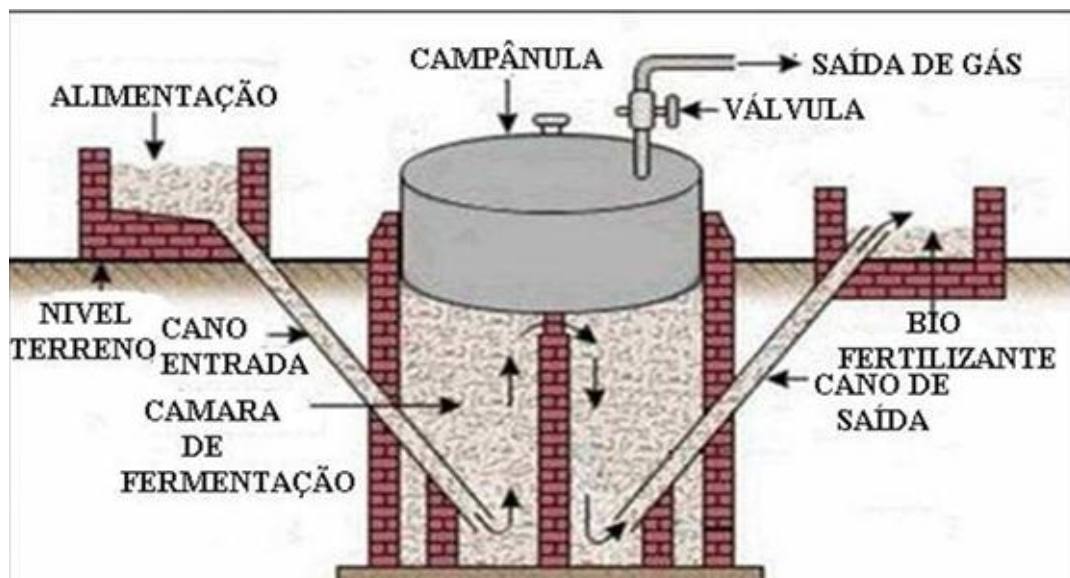
Figura 23: Biodigestor Modelo Indiano.



Fonte: <http://www.portalesiduossolidos.com/biodigestor-indiano/>

Esse tipo de modelo requer abastecimento contínuo, geralmente utilizando dejetos suínos e/ou bovinos, ou seja, o abastecimento não deve ser interrompido, sendo feito com regularidade e proximidade de acordo com a necessidade de biogás produzida. Podendo ser feita diariamente, em dias alternados ou semanalmente, variando conforme a quantidade de biogás que se deseja adquirir.

Figura 24: Representação tridimensional em corte do Biodigestor Indiano



Fonte: <http://www.portalesiduossolidos.com/biodigestor-indiano/>

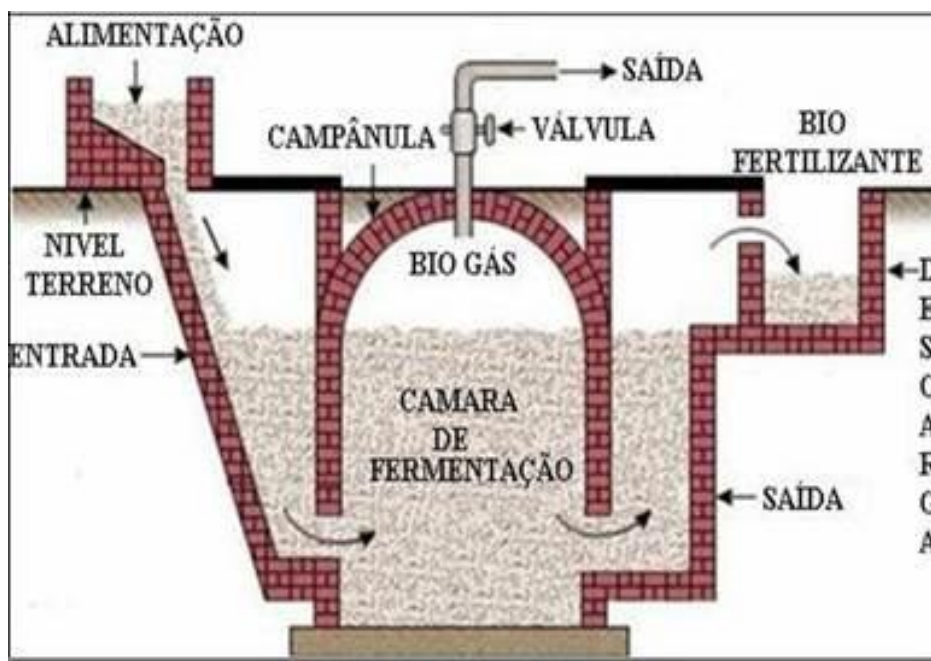
Esse modelo é composto por: caixa de alimentação (local de diluição dos dejetos); tubo de entrada (condutor dos dejetos diluídos da caixa de carga para o interior do biodigestor); câmara de biodigestão cilíndrica, ou fermentação (local onde ocorre a fermentação anaeróbia com produção de biogás); Campânula ou gasômetro (local para armazenar o biogás¹² produzido formado por campânula que se movimenta para cima e para baixo); tubo-guia, válvula de saída de gás (guia o gasômetro quando este se movimenta para cima e para baixo); cano de saída (condutor para saída do material fermentado sólido e líquido); caixa ou canaleta de descarga (local de recebimento do material fermentado sólido e líquido).

Modelo Chinês: Esse modelo é descontínuo ocorrendo a higienização frequente, é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria (tijolo) para a fermentação, com teto abobado, impermeável, destinado ao armazenamento do biogás. Este biodigestor funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que aumentos de pressão em seu interior resultantes do acúmulo de biogás resultarão em deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário quando ocorre descompressão. O modelo Chinês é constituído quase que totalmente em alvenaria, dispensando o uso de gasômetro em chapa de aço, reduzindo os custos, contudo pode ocorrer problemas com vazamento do biogás caso a estrutura não seja bem vedada e impermeabilizada. Neste tipo de biodigestor uma parcela do gás formado na caixa de saída é libertado para a atmosfera, reduzindo parcialmente a pressão interna do gás, por este motivo as construções de biodigestor tipo chinês não são utilizadas para instalações de grande porte, (VELOSO et al, 2010).

¹² *Saiba Mais: Vídeo explicativo sobre Biodigestores e a produção do Biogás, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZsdWeC9QMq8>*

Os principais componentes de um biodigestor modelo Chinês são os seguintes: caixa de alimentação, tubo de carga, câmara de biodigestão cilíndrica com fundo esférico, gasômetro em formato esférico, válvula de saída do biogás, galeria de descarga e caixa de saída do biofertilizante, conforme Figura 25.

Figura 25: Representação tridimensional em corte do Biodigestor Chinês



Fonte: <http://www.revistaea.org/pf.php?idartigo=2237>

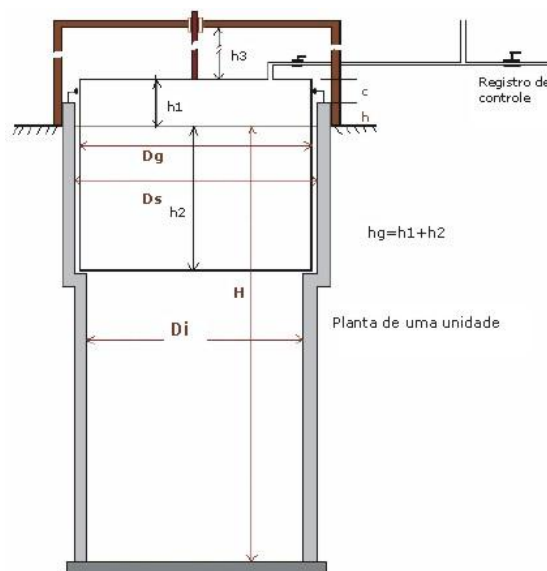
Modelo Batelada: Esse é um modelo descontínuo de funcionamento simples, sendo abastecida uma única vez, nesse modelo é possível ter um ou mais tanques anaeróbicos em série, conforme Figura 26 abaixo, adapta-se bem a regiões com grande quantidade de biomassa de uma única vez, por exemplo, em granjas ou avícolas de corte cuja biomassa fica disponível após a venda dos animais, ficando em execução até o fim da produção do biogás, (DEGANUTTI et al, 2002). A Figura 27 mostra a visão frontal desse modelo de biodigestor.

Figura 26: Biodigestor de Batelada com dois tanques anaeróbicos.



Fonte: Solomom e Filho, 2007

Figura 27: Biodigestor Modelo de Batelada



D_i é o diâmetro interno do biodigestor;
 D_s é o diâmetro interno da parede superior;
 D_g é o diâmetro do gasômetro
 H é a altura do nível do substrato;
 h_1 é a altura ociosa do gasômetro;
 h_2 é a altura útil do gasômetro;
 h_3 é a altura útil para deslocamento do gasômetro;
 b é a altura da parede do biodigestor acima do nível do substrato;
 c é a altura do gasômetro acima da parede do biodigestor.

Fonte: Deganutti et al, 2012.

A Figura 28 mostra o modelo de batelada com a utilização de uma manta plástica, nota-se que diferente do modelo canadense a estrutura é mais profunda, mais enterrada no solo.

Figura 28: Biodigestor Batelada Tubular com manta plástica (seção transversal)



Fonte: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1248>

Modelo Canadense ou Fluxo Tubular: Esse é mais fácil de construção, com maior extensão horizontal que vertical. Pode ser feito com uma caixa de alvenaria com largura maior que a profundidade o que faz com que haja uma área maior de exposição ao sol, coberto por um plástico altamente resistente e maleável, geralmente utilizando polietileno de alta densidade, que infla à medida que o gás é produzido, CASTANHO e ARRUDA, (2008). Apesar de a construção ser fácil tem um custo maior por conta de o plástico utilizado ser relativamente caro, e necessita também de cuidados específicos para que o plástico não seja perfurado, o que ocasionaria a fuga do biogás e sua liberação na natureza o que é altamente prejudicial ao meio ambiente, outro ponto que pode apresentar-se com desvantagem é a necessidade de grandes áreas para sua implantação, apesar disso, (TORRES et al, 2012), afirma que esse modelo tem tido mais destaque, pois devido a maior exposição solar o biogás é produzido mais rápido que nos demais modelos e se mantém mais constante, além da facilidade de manutenção e higienização do biodigestor, uma das desvantagens desse modelo, é que o mesmo precisa de áreas maiores, conforme Figura 29 mostra um biodigestor Canadense e Figura 30 mostra uma propriedade rural.

Figura 29: Biodigestor Modelo Canadense



Fonte: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1248>

Figura 30: Biodigestor em uma propriedade rural.



Fonte: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1248>

Há um projeto funcionado no sertão do nordeste brasileiro, nos estados de Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco que visa o desenvolvimento social das populações menos favorecidas, com a implantação de biodigestores para a utilização como gás de cozinha, esse projeto chama-se Diaconia, criada em 1967 na cidade do Rio de Janeiro é uma instituição cristã sem fins lucrativos, que visa gerar o desenvolvimento social das comunidades em que se faz presente.

As imagens 31, 32, 33 abaixo, mostram uma visita dos alunos da disciplina Biodigestores Rurais do programa de Mestrado profissional em Energia da Biomassa, ao projeto Diaconia¹³ na cidade de São José do Egito, no Estado de Pernambuco, onde a família visitada recebeu de presente um biodigestor, que é alimentado com rejeitos de galinhas e porcos, animais que os mesmos já criavam em sua propriedade, e utilizam o biogás como gás de cozinha. Vale salientar, que o projeto atua na instalação, orientação para a produção do biogás de forma contínua.

Figura 31: Biodigestor Sertanejo no município de São José do Egito, Pernambuco.



Fonte: Arquivo Próprio, São José do Egito – Pernambuco, 2014.

¹³ Saiba Mais: Projeto Diaconia, disponível em: <http://www.diaconia.org.br/novosite/biblioteca/int.php?id=67>

Figura 32: Biodigestor em uma propriedade rural implantado pelo projeto Diaconia



Fonte: Arquivo Próprio, São José do Egito – Pernambuco, 2014.

Figura 33: Mangueira utilizada para levar o biogás para dentro da residência para ser utilizado como gás de cozinha



Fonte: Arquivo Próprio, São José do Egito – Pernambuco, 2014.

4.4.2 Etanol

A partir da fixação dos portugueses no território brasileiro no século XVI, a principal atividade econômica desenvolvida foi o cultivo da cana-de-açúcar, para a produção de açúcar com o objetivo de abastecer o mercado externo. O açúcar era produzido na região litorânea brasileira devido às semelhanças climáticas e de solo com a Ilha da Madeira, de onde a cana-de-açúcar foi trazida pelos portugueses.

Essa atividade foi durante séculos a principal fonte de renda entre a Colônia – Brasil e a Metrópole – Portugal, mantida pelo trabalho escravo e responsável pela atividade colonizadora do território. Com a crise da economia açucareira, devido a concorrência holandesa, que começou a produzir açúcar após ser expulsa do Brasil, no século XVII, a Colônia entra em um novo ciclo econômico expansionista, mas sem deixar de produzir o açúcar.

Apesar de ter outras fontes produtoras conforme seus ciclos econômicos, tais como: mineração e o café, que levou a um desenvolvimento urbano e a modernização industrial, o Brasil continuou o cultivo da cana-de-açúcar para produção de açúcar, voltando posteriormente a aparecer no cenário nacional e até mundial como fonte produtora de energia renovável na década de 70 durante a crise do petróleo.

Nesse período, para atender a necessidade de combustíveis não derivados do petróleo e assim diminuir a dependência do mesmo, o governo brasileiro lança o PROÁLCOOL e cria incentivos à produção de Álcool a partir da cana-de-açúcar, para abastecer o mercado local.

Segundo DUNHAM et al (2011), o PROÁLCOOL não foi a primeira tentativa do governo de modernizar a agroindústria açucareira, investimentos do governo imperial no século XVII, com o Decreto 2.687/1875, já havia promovido uma pequena modernização na atividade canavieira, transformando pequenos engenhos artesanais em engenhos centrais que eram exclusivos para o beneficiamento da cana-de-açúcar, abastecidos por pequenos produtores. Esse decreto promoveu também incentivos financeiros para a modernização e transformação em engenhos centrais.

Porém em 1891, esses engenhos centrais eram inexpressivos, cerca de 13 haviam se transformado, e a modernização agroindustrial esperada pelo governo

não aconteceu. Gerou também uma divisão onde os empresários dos engenhos centrais faziam apenas o beneficiamento da cana, e os antigos donos de engenhos que não se transformaram tornaram-se apenas produtores de cana-de-açúcar, o que gerou conflitos de interesses devido, por exemplo, ao preço da cana e a divisão de lucros.

Já no final do século XIX e início do XX, uma crise de superprodução de açúcar que gerou uma baixa nos preços e consequentemente nos lucros, levou o governo a pensar em alternativas para aproveitar essa produção excedente de cana-de-açúcar. Em outubro de 1903, a Sociedade Nacional de Agricultura (SNA) promoveu a Exposição Internacional de Aparelhos de Álcool, evento que foi acompanhado do Congresso Internacional do Álcool. O objetivo de ambos os eventos foi apresentar propostas para ampliar o uso do álcool como fonte de energia. Uma das propostas foi a do uso do álcool em veículos automotores, o que não teve grande êxito devido a frota de carros ser incipiente no contexto nacional DUNHAM et al (2011).

A década de 1920 foi importante para os avanços do uso do Álcool Combustível. No 3º Congresso Nacional de Agricultura, foi criado um documento em defesa do Álcool, “Liga Nacional de Defesa e Propaganda do Álcool-Motor”, com o objetivo de propagar e difundir os benefícios desse combustível, definindo especificações técnicas de produção e uso do mesmo. O mesmo esbarrou em um problema, que é recorrente até hoje: a flutuação de preços e a taxação de impostos.

Em 23 de junho de 1927, a produção do álcool teve um grande avanço. A Usina Serra Grande Alagoas, lançou uma mistura composta de 55% de álcool hidratado e 45% de éter. Esse foi o primeiro combustível líquido para motores. Outras usinas também lançaram comercialmente álcool-motor, a exemplo da Azulina, a Motorina e o Cruzeiro do Sul. MELO (1942). Durante as décadas seguintes novas modificações foram implantadas até a criação do PROÁLCOOL.

O Programa Nacional do Álcool, de 14 de novembro de 1975, surge como alternativa aos combustíveis fósseis em meio a crise do petróleo de 1973. De 1975 a 1979 a produção era voltada basicamente para a mistura de álcool etílico anidro com gasolina. Em 1977 o Instituto do Álcool e Açúcar através da resolução 01/77, classificou o álcool em 3 tipos: álcool refinado industrial (para indústria química),

álcool anidro (para misturar a gasolina) e álcool combustível NETO e SILVA (2010) apud ANDRADE et al (2009).

Nesse período para estimular a produção e uso do álcool-combustível, o governo concedeu incentivos financeiros para produtores, e para a fabricação de carros flex (gasolina ou álcool), aumentando consideravelmente a frota que utilizava álcool-combustível.

Apesar desse incentivo inicial, o programa não teve grande êxito devido a flutuação de preços e a recuperação dos combustíveis fósseis, que ainda representam a maior parte da matriz energética mundial.

Em Alagoas, o PROÁLCOOL representou um impulso econômico relevante. Na década de 1980, o II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) contribuiu com um importante volume de investimentos direcionados à exploração de recursos naturais aplicados no Estado. Esses investimentos viabilizaram o complexo cloro-álcool-químico de Maceió, dando novo impulso à economia alagoana. Nas fases de implantação e expansão do PROÁLCOOL, as usinas se mantiveram e ocorreu o crescimento no número de destilarias, colocando o Estado na posição de segundo maior produtor de açúcar e álcool do país. Entre os anos de 1975 e 1990 o setor alcooleiro passou a contar com 20 novas destilarias anexas e 9 autônomas, aumentando a produção de álcool em cerca de 25 vezes, segundo NETO E SILVA (2010).

Segundo DUBEUX-TORRES (1997) o processo de produção e transformação da biomassa cana-de-açúcar vem se modernizado ao longo dos anos e as normas utilizadas tem seguido novas diretrizes se adequando às questões ambientais, sociais e econômicas que vem sendo discutidas a nível mundial. Nos Estados Unidos a produção de etanol ocorre a partir do milho, gênero básico da alimentação, enquanto que no Brasil, a produção tem se desenvolvido principalmente a partir da cana-de-açúcar e de resíduos agroindustriais, evitando uso de grãos e consequentemente a concorrência do etanol com produtos alimentícios. Na Europa a grande polêmica passa pelo adequado uso do solo. Por exemplo, na França a produção de etanol (biocarburantes) tem causado calorosos debates em decorrência da pouca superfície disponível para o cultivo de vegetais para este fim. Neste caso a biomassa (com fins energéticos) implicaria em substituição de culturas agroalimentares. No Brasil a grande superfície agricultável permitiu o avanço do

plantio de áreas com cana-de-açúcar para atender ao PROÁLCOOL sem causar danos ao fornecimento de alimento, salvo em algumas áreas bem localizadas.

Apesar de o programa ter sido um avanço tecnológico quanto aos combustíveis e ao desenvolvimento de carros movidos a álcool e atualmente os carros flex, o consumo de etanol hidratado (álcool combustível) não tem se intensificado por um fator extremamente preponderante. Entendamos o seguinte, para que o álcool combustível queima mais rápido que a gasolina, o que por consequência leva a um consumo maior, e esse consumo precisa ser compensado no preço, ou seja, para que seja viável abastecer com álcool é necessário que este custe no máximo 70% do preço da gasolina, para que compense a perda da combustão mais acelerada. Em suma seria o seguinte, atualmente o preço da gasolina está variando em ter R\$3,69 e R\$3,85 (na segunda quinzena de março) nos postos de Maceió capital das Alagoas, façamos uma média com o preço em R\$3,69 para que o álcool seja viável é necessário que ele custe 70% desse valor, ou seja:

$$\begin{array}{rcl} 3.69 & \text{-----} & 100\% \\ X & \text{-----} & 70\% \\ & & X = R\$2,583 \end{array}$$

De acordo com a regra de três simples acima demonstrada o preço do etanol teria que ser no máximo R\$2,583 considerando o preço médio acima da gasolina. Porém isso não tem ocorrido, temos visto preços nas bombas de combustível, que variam entre R\$3,19 e R\$3,56 a Tabela 6 abaixo mostra o preço ao consumidor médio em Alagoas nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2016.

Tabela 5: Preço médio do etanol hidratado em Alagoas no mês de Janeiro e Fevereiro de 2016, comparado aos dois últimos anos.

Mês	2014	2015	2016
Janeiro	2,480	2,503	3,095
Fevereiro	2,485	2,558	3,184
Março	2,496	2,566	
Abril	2,526	2,569	
Maio	2,550	2,553	
Junho	2,553	2,587	
Julho	2,555	2,595	
Agosto	2,551	2,606	
Setembro	2,555	2,634	
Outubro	2,551	2,637	
Novembro	2,531	2,858	
Dezembro	2,508	3,022	

Fonte: ÚNICA, gerada em 19/03/2016

As imagens 34, 35 e 36 mostram o preço dos combustíveis em na parte alta de Maceió, bairro do Tabuleiro dos Martins, com variações de R\$338,9 a R\$3.629 e da gasolina entre R\$3.699 a R\$3.799, inviabilizando a utilização do combustível pelo consumidor final.

Figura 34: Preço de combustíveis na região do Tabuleiro dos Martins – Maceió, Alagoas.



Fonte: Arquivo próprio

Figura 35: Preço de combustíveis na região do Tabuleiro dos Martins – Maceió, Alagoas.



Fonte: Arquivo próprio

Figura 36: Preço de combustíveis na região do Tabuleiro dos Martins – Maceió, Alagoas.



Fonte: Arquivo próprio

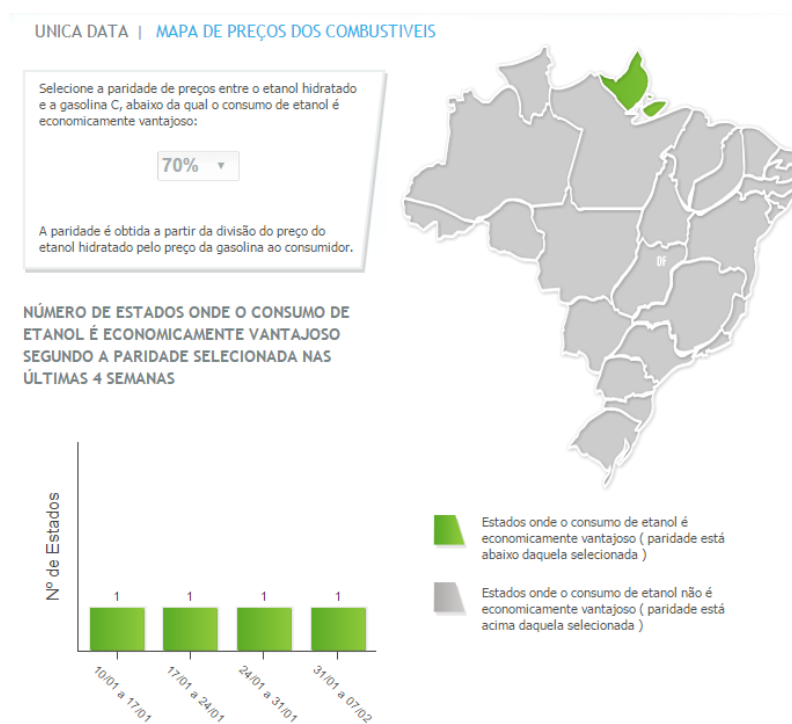
A tabela 7 mostra que ao longo dos últimos anos a frota de veículos movidos somente a álcool tem diminuído, de acordo com a União da Indústria da Cana de açúcar – UNICA, a frota a álcool tem reduzido consideravelmente, em 2007 era em torno de 1.845,330 milhões de carros, enquanto que a frota de carros flex era de 4.586,12 milhões de carro, em 2015 a frota de carros a álcool era de 777.768 mil e a de carros flex de 25.030,412 milhões de carros. Essa análise deve levar em conta também a tecnologia dos carros flex, o que teoricamente geraria um aumento significativo no consumo de etanol, porém na prática isso não tem se evidenciado devido ao preço do etanol, que como já explicado anteriormente tem uma eficiência energética menor que a gasolina.

Tabela 6: Frota de veículos leve no Brasil (número de veículos)

Ano	Frota Total	Flex fuel	Gasolina	Etanol	Elétrico
2007	21.517,698	4.586,512	15.085,856	1.845,330	
2009	24.967,140	9.467,825	13.991,052	1.508,263	
2011	29.160,425	14.944,734	12.995,272	1.220,419	
2013	33.513,236	20.772,995	11.761,194	978.439	608
2015	36.224,340	25.030,412	10.413,865	777.768	2.295

Fonte: UNICA, gerada em 19/03/2016

Figura 37: Mapa do Brasil demonstrando onde foi vantajoso a utilização do etanol nas primeiras semanas de 2016



Fonte: UNICA, gerada em 14/02/2016

De acordo com a Figura 37 acima, nas primeiras semanas de 2016 apenas no estado do Amapá o preço do etanol apresentou-se vantajoso em relação a gasolina em todo o país.

4.4.3 Biodiesel

Começamos entendendo o que é o diesel primeiro. É um óleo derivado do petróleo, é, portanto, formado por hidrocarbonetos (composto formado principalmente por átomos de carbono, hidrogênio e em baixas concentrações por enxofre, nitrogênio e oxigênio) É um produto inflamável, medianamente tóxico, volátil, límpido, isento de material em suspensão e com odor forte e característico. O óleo diesel é utilizado em motores de combustão interna e ignição por compressão (motores do ciclo diesel) empregados nas mais diversas aplicações, tais como: automóveis, furgões, ônibus, caminhões, pequenas embarcações marítimas, máquinas de grande porte, locomotivas, navios e aplicações estacionárias (geradores elétricos, por exemplo); Saiba Mais sobre as características do Óleo Diesel no link ao lado.

O primeiro motor a diesel foi criado por Rudolf Diesel em 1893, e apresentado ao mundo em 1898 na Feira Mundial de Paris, na França. Esse era movido por óleo de amendoim obtido pelo processo de transesterificação.

O biodiesel¹⁴, como o próprio nome já sugere é um combustível derivado de fontes oleaginosas renováveis, produzido a partir de gorduras animais e principalmente de óleos vegetais. Atualmente no Brasil o biodiesel de origem vegetal é produzido da mamona, dendê, canola, girassol, amendoim, soja e do algodão. E os de origem animais geralmente são produzidos de sebo bovino e gordura suína. Os principais processos de produção do biodiesel e do diesel são:

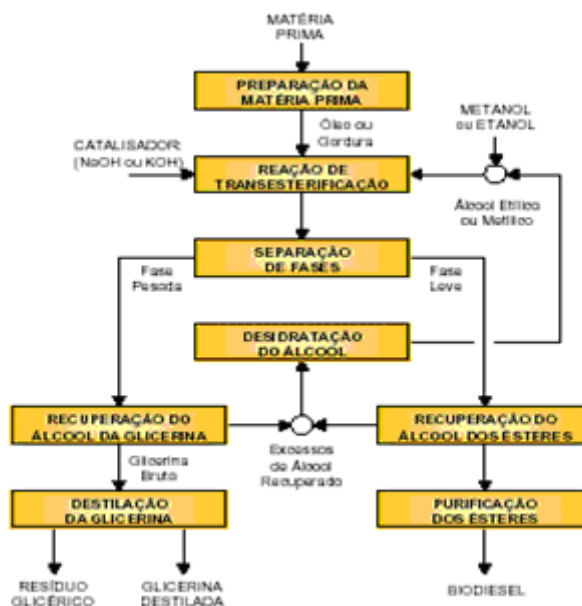
14

Saiba Mais: Características do Óleo Diesel
http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/paraindustriasetermeltricas/oleodiesel/!ut/p/c5/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQwsLQ6B8JG55AxMKdBs4GZO29_f0xUobDq6mFsDIROSLefR35uqn5BbmhoRLmjlqAB7I56/dl3/d3/L0IDU0IKSWdra0EhIS9JTIJBQUlpQ2dBek15cUEhL1ICSIAXtkMxTktfMjd3ISEvN185TzFPTktHMTBHMDJGMDJMRko4T0RBMDAwMQ!!/?PC_7_9O1ONKG10G02F02LFJ8ODA0001000000_WCM_CONTEXT=/wps/wcm/connect/portal+de+conteudo/produtos/automotivos/oleo+diesel/caracteristica+do+oleo

1. Transesterificação: deve ser conduzida em um reator com agitação, a temperatura média deve ser entre a temperatura ambiente ou até 70 °C, quanto maior a temperatura, menor é o tempo de reação, geralmente se utiliza 45° por apresentar bons rendimentos para o processo. Uma mistura entre o álcool e o catalisador deve ser preparada e adicionada ao óleo previamente aquecido (para sistemas que empregam aquecimento). O tempo reacional varia de acordo com a matéria-prima, mas a reação é considerada completa quando há um retorno à coloração original após o escurecimento da mistura. Em seguida é feita a decantação da mistura para separar os produtos obtidos. A fase superior corresponde ao produto principal, o biodiesel. Já na fase inferior, encontram-se glicerina (subproduto da reação), resíduo de catalisador. O biodiesel obtido deve ser purificado para remoção de resíduo de catalisador. Uma alternativa é a lavagem com água quente para a remoção de impurezas, (AGEITEC), conforme Figura 38.

2. Craqueamento Catalítico, ou Pirolise: consiste na quebra de moléculas de triglicerídeos (presentes em óleos e gorduras) em moléculas menores, conhecidas como hidrocarbonetos. Geralmente neste processo ocorre a formação de uma mistura composta por hidrocarbonetos saturados, insaturados ou aromáticos: cetonas, aldeídos e ácidos carboxílicos. Estes últimos são compostos oxigenados que os tornam indesejáveis à utilização do biocombustível, pois deixam o produto ácido e podem levar os motores que o utilizam à corrosão. A pirólise de óleos e gorduras pode ser realizada via craqueamento térmico ou catalítico. O craqueamento térmico produz misturas complexas que são quimicamente semelhantes ao óleo diesel. Para a quebra das grandes moléculas em moléculas menores, são utilizados catalisadores. A hidrogenação do óleo antes do craqueamento é favorável à produção de biodiesel. O processo de produção tem um rendimento de aproximadamente 60%, ou seja, 10 litros de óleo produzem 6 litros de biodiesel. O combustível obtido pelo craqueamento de óleos e gorduras não é considerado biodiesel pela nomenclatura internacional. A Embrapa adotou o termo ecodiesel para combustíveis obtidos a partir da pirólise dos triglicerídeos. Mas o termo mais utilizado é biodiesel craqueado, diferenciando assim do obtido pela rota da transesterificação, (EMBRAPA)

Figura 38: Fluxograma do processo de produção do biodiesel - Transesterificação



Fonte: EMBRAPA.

O Brasil já foi detentor de uma patente de produção de biodiesel nos anos de 1970, pela Universidade Federal do Ceará, porém sem grandes investimentos, atualmente temos mais de 50 usinas instaladas de e produz mais de 60 metros cúbicos de biodiesel, gerando vantagens ambientais na redução das emissões de gases do efeito estufa, assim como vantagens econômicas reduzindo a “petrodependência”, segundo o Ministério de Minas e Energia.

O Ecologista Paulo Roberto Lenhari, do Rio grande do Sul, foi o primeiro brasileiro a instalar um sistema a que permite que o motor a diesel funcione com óleo vegetal reutilizado¹⁵, ou seja, o óleo de cozinha descartado. O que pode ser uma alternativa muito viável, pois até o descarte do óleo de cozinha hoje é um problema ambiental e muitas vezes é feito de forma inadequada.

O ambientalista Felipe Viana, da ONG Econsciência, passou a utilizar o kit desenvolvido por Lenhardt em seu automóvel, uma Rural com motor a diesel de F1000, segundo ele o consumo do motor é muito próximo ao do biodiesel, gerando autonomia para andar maiores distâncias. Além disso, os mesmos afirmam uma redução nas emissões de gases que provocam o efeito estufa em cerca de 75%,

¹⁵ *Leitura Complementar: Óleo de cozinha vira combustível, disponível em: <http://sematurpmj.blogspot.com.br/2012/02/oleo-de-cozinha-vira-combustivel-flavia.html>*

comparado aos combustíveis fósseis. Outro ponto observado por eles, é que esse biocombustível lubrifica mais o motor, o que tende a aumentar a vida útil dele, inclusive dificultando que a bomba injetora fique entupida.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos debates e conferências mundiais sobre clima e desenvolvimento tecnológico baseado nas questões de sustentabilidade, a questão energética deve ser levada cada vez mais a sério, visto que um dos problemas do desenvolvimento tecnológico desenfreado e desorganizado é a grande quantidade de lixo produzido, não temos como fazer o descarte adequado e isso pode gerar consequências ainda piores no futuro.

Os níveis de poluição tem prejudicado cada vez mais a saúde da população, a qualidade do ar é um dos temas de saúde mundial e os grandes centros urbanos industriais enfrentam esses problemas, reduzir as emissões de gases que provocam o efeito estufa e aumentam os níveis de poluição do ar tornou-se uma questão urgente.

As fontes alternativas tem essa capacidade de gerar energia poluindo menos, porém não são consideradas capazes de “extinguir” a utilização dos combustíveis fósseis, pois os mesmos tem um poder calorífico muito superior, ao das fontes alternativas. Precisamos viabilizar a utilização dessas novas fontes, com políticas públicas de redução de custos de implantação das fontes conhecidas, incentivo a descoberta de novas fontes, melhoria da eficiência energética das fontes já utilizadas.

Precisamos despertar nas nossas crianças e adolescentes a busca pela descoberta e utilização de fontes de energia limpa, gerando e estimulando o conhecimento multidisciplinar dentro da sala de aula, como forma de incentivo a novas práticas na busca de um mundo mais consciente.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. – Brasília : Aneel, 2008.

Associação Brasileira do Carvão Mineral – ABCM. Carvão Mineral. Curitiba/PR - 29 de janeiro de 2016

ALMEIDA FILHO, N. Transdisciplinaridade e Saúde Coletiva. Ciência & Saúde Coletiva. II (1-2), 1997.

ARAÚJO, Luís Paulo de Oliveira. Carvão Mineral. Departamento Nacional de Produção Mineral. Ministério de Minas e Energia. Rio Grande do Sul. 2014.

Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2015. Brazilian Energy Balance 2015 Year 2014/ Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2015.

BARROS, Evandro Vieira de. A Matriz Energética Mundial e a Competitividade das Nações: Bases de uma Nova Geopolítica. UFF, Departamento de Eng. de Produção. ENGEVISTA, Julho 2007.

BARROS, Talita Delgrossi ; JARDINE, José Gilberto. Transesterificação. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. AGEITEC. Agroenergia.

BRANCO, Renata (editora). Melhores locais para construção de parques eólicos. Manutenção e Suprimentos. Setembro- 2011.

BRASIL. ELETROBRÁS. Eletronuclear. Angra II: Operação e Desempenho. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética . Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito – CRESESB. Eletrobrás – CEPEL.

BRASIL. Prefeitura Municipal de Campos Júlio. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos: Da Construção Civil; Do Lixo doméstico; do Entulho. Mato Grosso, Fevereiro – 2014.

BRITO, José Otávio. Madeira para energia: “invisível”, mas fundamental. Revista Opiniões. Florestal: Celulose, papel, carvão, siderurgia, painéis e madeira. Ano 12. Número 38. Divisão F. Dez a Fev 2015.

BRITO, José Otávio. Uso energético da Madeira. Estudos Avançados. Esalq/USP. Piracicaba, São Paulo. 2007.

Bucussi, Alessandro A. Introdução ao conceito de energia. Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, – Porto Alegre, 2007.

CARDOSO, Eliezer de Moura (org). Apostila educativa: Energia Nuclear. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Botafogo - Rio de Janeiro.

CASTANHO, Diego Solak e ARRUDA, Heder Jobbins. Biodigestores. VI Semana de Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa- Paraná 2008.

Confederação Nacional da Indústria. Matriz energética: cenários, oportunidades e desafios CNI.– Brasília: CNI, 2007. 82.

COSTA, Heitor Scalabrini. Porque a energia solar não deslança no Brasil. Carta Capital, setembro de 2015.

DEGANUTTI, Roberto et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. An. 4. Enc. Energ. Meio Rural 2002.

DUBEUX-TORRES, V.L.. De la « Casa-Grande » à la Gestion dans la Mondialisation: le Patronat du Sucre au Brésil. Séminaire Circulation Internationale des Universités Brésiliennes, E.H.E.S.S. France, 2006.

DUBEUX-TORRES, V. L. et al. Balanço Energético do Estado de Alagoas – BEAL-2013, v. 6. 170 p., 2013.

DUBEUX-TORRES, Vera. Les Systèmes Agraires du Secteur Sucre et Alcool et leurs Conséquences sur les Cultures Agroalimentaires. Tese do Diploma de Estudos Aprofundados – DEA no Instituto de Estudos Sobre o Desenvolvimento Econômico e Social – I.E.D.E.S, SORBONNE, 180p., 1997.

DUNHAM, Fabrício Brollo, et al. A Estruturação do Sistema de Produção e Inovação

DIAS, José Luciano de Mattos; QUAGLINO, Maria Ana; A questão do petróleo no Brasil: uma história da PETROBRAS. Rio de Janeiro: CPDOC: PETROBRAS, 1993.

ESCOBAR, Javier Farago. Perspectivas energéticas da madeira. Revista Opiniões. Florestal: Celulose, papel, carvão, siderurgia, painéis e madeira. Ano 12. Número 38. Divisão F. Dez a Fev 2015.

FARIA, Mário Aterro Sanitário: Biogás produzido em aterros sanitários, aspectos ambientais e aproveitamento do potencial energético. IEE da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FARIAS, Leonel Marques e SELLITTO, Miguel Afonso. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p. 01-106, jan./jun. 2011.

FURTADO, Gil Dutra, et al. Biodigestor: Explicações Didático Metodológicas ao Alcance da Escola como Público Alvo. Revista EA.

GALEFFI. Carlo. Quem produz mais lixo no mundo. Portal de Resíduos Sólidos. Julho de 2013.

GE Report Brasil. Desvendamos 6 curiosidades sobre a energia eólica. Vem ver! Outubro 28, 2015

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. ESTUDOS AVANÇADOS 21 (59), 2007.

GONÇALVES, Odair Dias; ALMEIDA, Ivan Pedro Salati de. A energia nuclear. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Ciência hoje. Rio de Janeiro, 2007.

GREENPEACE BRASIL. Desastre nuclear de Chernobyl completa 29 anos. Notícia - 26 - abril – 2015

MAIA, L. P. Mecânica Clássica: Matéria e Energia. Física. Net

MARINHO, Guilherme Nogueira; SILVA, Carlos Roberto Júnior Prudêncio. Biocombustíveis como forma alternativa de energia. Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense.

MELO, J. A política do álcool-motor no Brasil. Rio de Janeiro, 1942. IAA.

Ministério de Minas e Energia. Resenha Energética Brasileira. Exercício 2014, edição 2015.

MORAIS, José Mario de. Petróleo em Águas Profundas: Uma história de tecnológica da PETROBRAS na exploração e produção offshore. IPEA, Petrobras, Brasília, 2013.

ORTIZ NETO, José Benedito; COSTA, Armando João Dalla. A Petrobrás e a exploração do petróleo offshore no Brasil: um approach evolucionário. Ver. Bras. Econ. Vol 61 no.1 Rio de Janeiro Jan./Mar 2007.

OLIVEIRA NETO, Manoel Nascimento de; SILVA, Thassia Ramalho Perciano. A expansão do setor sucroalcooleiro e os impactos socioambientais no leste Alagoano. XVI Encontro Nacional de Geógrafos. Porto Alegre, 2010.

NOGUEIRA, Nildo Ribeiro. Pedagogia dos projetos: uma jornada Interdisciplinar rumo ao desenvolvimento das múltiplas inteligências. São Paulo. Érica, 2001. p.189
OLIVEIRA, Luiz Fernando de. A diplomacia da energia: Os biocombustíveis no Brasil e a construção do seu marco jurídico regulatório internacional. UNB 2013.

PETROBRÁS. Petróleo Brasileiro S.A. Plano de Negócios e Gestão 2015-2019. Rio de Janeiro. Junho de 2015.

PETROBRÁS, Petróleo Brasileiro S.A. Tempos de comunicação: memória da comunicação na Petrobras 1954-2008 / Petrobras. – Rio de Janeiro: Petrobras, 2013.

PIRES, Marília Freitas de Campos. Multidisciplinaridade, Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade no Ensino. Interface – Comunic, Saúde, Educ 2. 1998.

PORTAL ENERGIA. O Início da Energia Nuclear no Brasil. Janeiro de 2013.

PORTAL ENERGIA. Vantagens e desvantagens da Energia das ondas e marés. Junho de 2010.

QUEIROZ, Rosemar de et al. Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Nº 13. Agosto de 2013, Santa Maria

ROCHA, Gisele Olímpio da et al. Química Sem Fronteiras: o desafio da energia. Scielo. Quím. Nova vol.36 no.10 São Paulo 2013.

SEVILLA; SEGURA, C. Reflexiones en torno al concepto de energia: implicaciones curriculares. Enseñanza de Las Ciencias, v. 4, n. 3, p. 247-52, 1986.

SILVA, Ítalo Batista da. Uma Pedagogia Multidisciplinar, Interdisciplinar ou Transdisciplinar para o Ensino/Aprendizagem da Física. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária Belo Horizonte – setembro de 2004

SOARES, Thelma Shirlen. Uso da biomassa florestal na geração de energia. Revista científica eletrônica de engenharia florestal - issn 1678-3867 publicação científica da faculdade de agronomia e engenharia florestal de garça/faef ano iv, número, 08, agosto de 2006. Periodicidade: semestral.

SOLOMOM, Karina Ribeiro. TIAGO FILHO, Geraldo Lúcio. Organizado por Geraldo Lúcio Tiago Filho. Série energias renováveis. Biomassa. CERPCH – SAPEPE – MME. Itajubá 2007.

Sucroalcooleiro como Base para o Proálcool. Revista Brasileira de Inovação, Campinas (SP), 10 (1), p. 35-72, janeiro/junho 2011.

TAVARES, Wagner Marques. Produção de Eletricidade a partir da Energia de Maremotriz. Consultoria Legislativa: Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos. Brasília, 2005

TORRES, Aline et al. Fundamentos da Implantação de Biodigestores em Propriedades Rurais. Revista Educação Ambiental em Ação. Número 40. Ano XI. Junho-agosto 2012.

VELOSO, Alex Viana et al. Análise dimensional de um biodigestor piloto baseado no modelo indiano utilizando resíduos alimentares. Vi congresso nacional de engenharia mecânica. Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas. CONEM, 2010. Campina Grande.

VICHI, Flavio Maron; MANSOR, Maria Tereza Castilho. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. SP, Brasil Recebido em 24/1/09; aceito em 30/3/09; publicado na web em 2/4/09.