



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

THAÍS ITALIANO DIAS NAQUE

# BIOMASSA E ALIMENTOS

CAMPINA GRANDE

2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

THAÍS ITALIANO DIAS NAQUE

## BIOMASSA E ALIMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

ORIENTADOR: Leimar de Oliveira

CAMPINA GRANDE

2009

THAÍS ITALIANO DIAS NAQUE

# BIOMASSA E ALIMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Elétrica, UFCG - Universidade Federal de Campina Grande, na área de Eletrotécnica, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

COMISSÃO EXAMINADORA

---

Leimar de Oliveira

---

Genoilton João de Carvalho Almeida

Campina Grande, setembro de 2009.

*A Deus, primeiramente, pois sem Ele, nada seria possível.*

*Ao meu professor orientador, Leimar de Oliveira,  
pelo auxílio, disponibilidade de tempo e material,  
sempre com um otimismo contagiante.*

*Ao meu esposo, Denner Naque, pela paciência, amor e encorajamento  
nos momentos de desânimo e por acrescentar razão e  
beleza aos meus dias.*

*A toda a minha família e em especial aos meus pais,  
pelo amor, exemplo, apoio, dedicação e investimento.*

## **AGRADECIMENTO**

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma doaram um pouco de si para que a conclusão deste trabalho se tornasse possível.

Surgem, nos horizontes, dias mais tranquilos e noites mais amenas, pois se fecha mais um ciclo na vida, trazendo consigo a felicidade do dever cumprido. E se inicia outro, com mais responsabilidades, mas não menos alegrias. Elas hão de vir e serão divididas, para sempre, com todos vocês.

*“Agir, eis a inteligência verdadeira. Serei o que quiser.  
Mas tenho que querer o que for.  
O êxito está em ter êxito, e não em ter condições de êxito.  
Condições de palácio tem qualquer terra larga,  
mas onde estará o palácio se não o fizerem ali?”  
(Fernando Pessoa)*

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar um estudo sobre as vantagens e desvantagens da utilização da biomassa, uma fonte de energia que é tão antiga quanto a humanidade e tão nova quanto o jornal de hoje, bem como avaliar os seus impactos sobre o sistema financeiro, com o objetivo de analisar as diversas afirmativas que tentam desqualificar a viabilidade técnica e econômica de sua utilização. Proporciona uma ampla discussão sobre o gerenciamento racional dos recursos territoriais para garantir o cultivo de produtos agrícolas para fins “alimentares” e para o aproveitamento como fonte de energia LIMPA, além de enumerar alguns benefícios dela para as regiões menos industrializadas, pois a biomassa é um recurso de particular utilidade para as nações do mundo em desenvolvimento, onde os altos preços do petróleo desaceleraram o crescimento econômico. E por fim, tentar-se-á desmistificar a idéia de que o aproveitamento de produtos agrícolas como fonte de energia de biomassa compete com os alimentos, elevando seus preços e aumentando a fome no planeta, pois não é a biomassa para energia que agrava a fome, mas o modelo econômico concentrador. Tanto é assim, que a fome aumentou durante os últimos 30 anos, mesmo com incremento da produção de alimentos, já que muito deixou de ser consumido, porque falta poder aquisitivo a bilhões de pessoas. Assim sendo, conhecer melhor os sistemas energéticos a partir da biomassa, bem como suas possibilidades de aperfeiçoamento é uma tarefa essencial no processo de construção de uma matriz energética sustentável.

**Palavras-chave:** Biomassa; Biomassa e alimentos; Energia de biomassa.

## ABSTRACT

This paper has the objective to present a study on the advantages and disadvantages of using biomass as a source of energy that is as old as the humanity and as new as today's newspaper, and assess their impact on the financial system, with the objective to analyze the various statements that try to disqualify the technical and economic feasibility of its use. It provides an extensive discussion on the rational management of land resources to ensure the cultivation of agricultural products for "food" and for use as a CLEAN energy source, and list some benefits of it for the less industrialized regions, because biomass is a feature useful for the nations of the developing world, where the high petroleum prices slow economic growth. Finally, an attempt will be to demystify the idea that the use of agricultural products as a source of biomass energy competes with the food, raising up prices and increasing hunger on the planet, because it is not the biomass for energy, which worsens the hunger, but the economic model. So much so, that hunger has increased over the past 30 years, even with increased production of food as much left to be eaten, because they lack the purchasing power for billions of people. Therefore, better understanding of the energy systems from biomass, as well as their possibilities for improvement is an essential task in the process of building a sustainable energy matrix.

**Keywords:** Biomass, biomass and food, energy from biomass.



## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ENERGIA: BASE DA ESCADA QUE LEVA AO CONHECIMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. BIOMASSA: O GRANDE CONCEITO .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1. O QUE É? .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. QUAIS AS VANTAGENS E OBSTÁCULOS DE SUA UTILIZAÇÃO? .....</b>	<b>12</b>
<b>3.3. FONTES PRIMÁRIAS DE BIOMASSA .....</b>	<b>13</b>
<b>4. HISTÓRIA DA BIOMASSA .....</b>	<b>18</b>
<b>5. PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA .....</b>	<b>21</b>
<b>5.1. Combustão .....</b>	<b>23</b>
<b>5.2. Gaseificação .....</b>	<b>23</b>
<b>5.3. Fermentação .....</b>	<b>24</b>
<b>5.4. Pirólise .....</b>	<b>24</b>
<b>5.5. Biodigestão Anaeróbia .....</b>	<b>25</b>
<b>5.5.1. Fatores que interferem na biodigestão anaeróbia .....</b>	<b>26</b>
<b>5.5.2. Biodigestores .....</b>	<b>26</b>
<b>5.5.3. Histórico dos biodigestores no Brasil .....</b>	<b>28</b>
<b>5.5.4. Classificação dos biodigestores quanto a produção.....</b>	<b>29</b>
<b>5.5.5. Tipos de biodigestores .....</b>	<b>30</b>
<b>5.5.5.1. Biodigestor Indiano .....</b>	<b>30</b>
<b>5.5.5.2. Biodigestor Chinês .....</b>	<b>32</b>
<b>5.5.5.3. Biodigestor da Marinha .....</b>	<b>34</b>
<b>5.5.6. O biogás e sua produtividade .....</b>	<b>37</b>
<b>6. USO DE COMBUSTÍVEIS E EFEITOS ECOLÓGICOS .....</b>	<b>37</b>
<b>6.1. Uso de combustíveis, efeitos ecológicos .....</b>	<b>37</b>
<b>6.2. Sistemas de cogeração da biomassa .....</b>	<b>39</b>
<b>6.3. Experiências e Perspectivas Mundiais .....</b>	<b>41</b>

<b>7. USO DA BIOMASSA E EFEITOS SOCIAIS: ALIMENTO, COMBUSTÍVEL, FOME .....</b>	<b>43</b>
<b>7.1. Indícios da crise.....</b>	<b>44</b>
<b>7.2. Mitos e verdade sobre Biomassa X Alimentos.....</b>	<b>45</b>
<b>7.2.1. Capital e mão-de-obra.....</b>	<b>46</b>
<b>7.2.2. Terras cultiváveis.....</b>	<b>47</b>
<b>7.2.3. Os ganhos sociais associados ao cultivo da biomassa.....</b>	<b>48</b>
<b>7.2.4. Custo X Benefícios .....</b>	<b>48</b>
<b>7.3. Campo de Tupi e os biocombustíveis .....</b>	<b>49</b>
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>51</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>54</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> FONTES DE ENERGIA EM PAÍSES INDUSTRIALIZADOS.....	5
<b>FIGURA 2:</b> FONTES DE ENERGIA EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO.....	6
<b>FIGURA 3:</b> ESTRUTURA HIERÁRQUICA DOS DIFERENTES PROCESSOS PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE BIOMASSA.....	8
<b>FIGURA 4:</b> OPERAÇÃO E ATIVIDADES EM SISTEMAS DE BIOMASSA.....	11
<b>FIGURA 5:</b> CONVERSÃO DE BIOMASSA EM COMBUSTÍVEIS ÚTEIS.....	11
<b>FIGURA 6:</b> RENDIMENTO EM BIOETANOL.....	14
<b>FIGURA 7:</b> CONVERSÃO DE BIOMASSA EM COMBUSTÍVEIS ÚTEIS.....	22
<b>FIGURA 8:</b> ETAPAS METABÓLICAS DO PROCESSO DE DIGESTÃO ANAERÓBIA EM BIODIGESTOR .....	25
<b>FIGURA 9:</b> O FLUXO DE ENERGIA E A RECICLAGEM DE MATERIAIS NA NATUREZA.....	28
<b>FIGURA 10:</b> IMAGEM DE UM BIODIGESTOR DO TIPO INDIANO INSTALADO.....	30
<b>FIGURA 11:</b> DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UM BIODIGESTOR INDIANO.....	31
<b>FIGURA 12:</b> DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UM BIODIGESTOR CHINÊS.....	32
<b>FIGURA 13:</b> BIODIGESTOR CONTÍNUO MODELO CHINÊS.....	34
<b>FIGURA 14:</b> ENTRADA DO SUBSTRATO (BIODIGESTOR DA MARINHA).....	35
<b>FIGURA 15:</b> A PRODUÇÃO DO BIOGÁS IMPULSIONANDO A CÚPULA MÓVEL.....	35
<b>FIGURA 16:</b> ARMAZENAMENTO E SAÍDA DO BIOGÁS.....	35
<b>FIGURA 17:</b> BALANÇO ENERGÉTICO DE UM SISTEMA CONVENCIONAL.....	39
<b>FIGURA 18:</b> BALANÇO ENERGÉTICO DE UM SISTEMA DE COGERAÇÃO .....	40
<b>FIGURA 19:</b> DISPONIBILIDADE DE BIOMASSA NO MUNDO .....	52

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1:</b> OFERTA INTERNA DE ENERGIA (% E EM TEP).....	4
<b>TABELA 2:</b> RENDIMENTO EM BIOETANOL POR CULTURA.....	13
<b>TABELA 3:</b> EQUIVALÊNCIA ENERGÉTICA PARA 1 m <sup>3</sup> DE BIOGÁS.....	36
<b>TABELA 4:</b> MATERIAL ORGÂNICO E PRODUÇÃO DE BIOGÁS (m <sup>3</sup> /TONELADA DE MATERIAL SECO).....	36
<b>TABELA 5:</b> CANA X CAMPO DE TUPI.....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS

**TEP:** TONELADAS EQUIVALENTES DE PETRÓLEO

**OCDE:** ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICA

**GEE:** GASES DE EFEITO ESTUFA

**GLP:** GÁS LIQÜEFEITO DE PETRÓLEO

**EMATER:** EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL

**NERG:** Núcleo de Energia da UFPB

**PURPA:** Public Utility Regulatory Policy Act

**MWe:** Mega watt elétrico

**MWh:** Mega watt-hora

**UTE:** Usina termelétrica



# **CAPÍTULO 1**

## 1. INTRODUÇÃO

Em escala global, a preocupação com as mudanças climáticas, devido à utilização de combustíveis fósseis tem sido crescente. Em contrapartida, observamos o aumento da demanda de energia, que movimenta e impulsiona as turbinas do crescimento em todos os ramos da sociedade. É nesse contexto que está inserida a utilização da chamada "energia limpa", que tem como uma de suas representantes a biomassa.

A utilização da biomassa como fonte geradora de energia tem sido uma solução viável para diversos problemas, pois favorece os países predominantemente agrícolas, trazendo emprego para regiões não industrializadas, apresenta um destino viável para o lixo, reduz a emissão dos chamados "gases de efeito estufa", reduzindo, conseqüentemente, o consumo do petróleo e seus derivados.

O Brasil, com o seu programa de produção de álcool a partir da cana-de-açúcar, se tornou uma referência em biocombustíveis. No entanto, estudiosos, políticos e líderes de organizações ligadas a movimentos sociais têm responsabilizado o Brasil por aumentar a fome no planeta, pois os biocombustíveis têm sido apontados como fator importante na alta dos preços dos produtos agrícolas.

Mas, o que é BIOMASSA? De onde ela provém? Quando e como ela começou a ser utilizada? Qual a sua real importância na matriz energética contemporânea? Será que a sua utilização, como fonte geradora de energia, realmente inflaciona o preço dos alimentos, agravando o problema mundial da fome? Nos capítulos que se seguem, tentaremos elucidar esses e outros questionamentos que se fazem necessários.



# **CAPÍTULO 2**

**ENERGIA: BASE DA ESCADA QUE LEVA AO CRESCIMENTO**

## 2. ENERGIA: BASE DA ESCADA QUE LEVA AO CRESCIMENTO

A energia é um dos principais constituintes da sociedade moderna, pois ela é necessária para se criar bens a partir dos recursos naturais e para fornecer muitos dos serviços dos quais temos usufruído. O desenvolvimento econômico e os altos padrões de vida são processos que, sob o ponto de vista da energia, se apóiam em dois pilares: disponibilidade e confiabilidade, ou seja, é necessário a disponibilidade do abastecimento adequado e a qualidade da energia que garante o serviço. A modernização do Ocidente, passando de uma sociedade rural para outra, rica e urbana, foi possível pela utilização de tecnologia moderna baseada em uma série de avanços científicos, que foram energizados pelos combustíveis fósseis. Eventos políticos, como o embargo do petróleo em 1973 e a instabilidade no Oriente Médio, fizeram com que muitas pessoas passassem a atentar para o quanto a energia é crucial para o funcionamento cotidiano da sociedade. As crises energéticas dos anos 70 foram quase completamente esquecidas na década de 80. Contudo aquela década trouxe uma crescente preocupação com o meio ambiente. Inquietações relacionadas com o aquecimento global, a chuva ácida e os resíduos radioativos são fantasmas que estão presentes hoje em dia, e cada 9, um destes temas está relacionado com a forma como utilizamos a energia.

TABELA 1: OFERTA INTERNA DE ENERGIA (% E EM TEP)

Especificações	Brasil		OCDE <sup>1</sup>		Mundo	
	1973	2007	1973	2006	1973	2006
<b>PETRÓLEO E DERIVADOS</b>	45,6	37,4	52,5	39,3	46,1	34,4
<b>GÁS NATURAL</b>	0,4	9,3	18,8	22,6	16,0	20,5
<b>CARVÃO MINERAL</b>	3,1	6,0	22,5	20,8	24,5	26,0
<b>URÂNIO</b>	0,0	1,4	1,3	10,6	0,9	6,2
<b>HIDRAULICA</b>	6,1	14,9	2,1	1,9	1,8	2,2
<b>BIOMASSA</b>	44,8	31,1	2,5	4,8	10,7	10,7
<b>TOTAL (%)</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>TOTAL – milhões de tep</b>	82	239	3.747	5.590	6.115	11.741

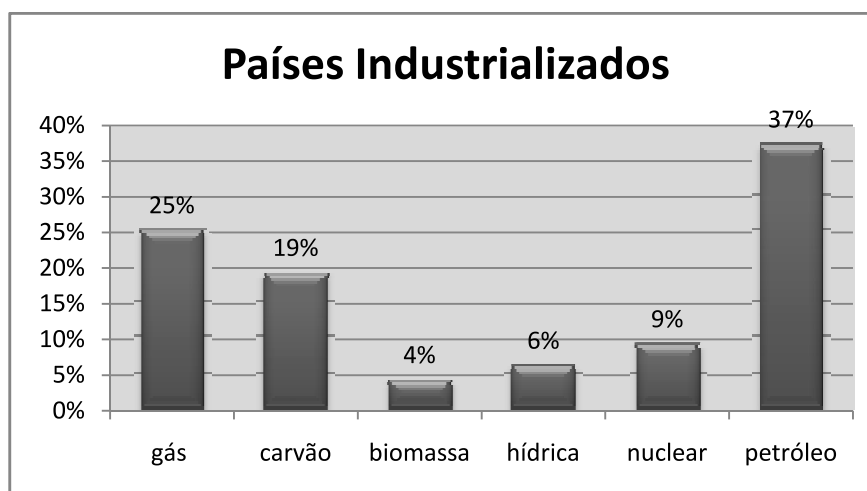
A partir dos dados da Tabela 1, pode-se verificar a oferta de energia no intervalo de, aproximadamente 35 anos, traçando um paralelo entre as diversas fontes de energia no

<sup>1</sup> A OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), criada em 30 de setembro de 1961, é uma organização internacional composta por 30 países, que tem como objetivos, coordenar políticas econômicas e sociais, apoiar o crescimento econômico sustentado, aumentar o emprego e a qualidade de vida dos cidadãos e manter a estabilidade financeira, entre outros. Por outro lado, há mais de 40 anos que a OCDE é uma das maiores e mais confiáveis fontes de dados estatísticos sobre a economia e a sociedade.

Brasil, nos países da OCDE e no mundo. Observa-se que, extremamente dependente do petróleo, todos os países reduziram o seu percentual de utilização dos combustíveis fósseis.

A energia permeia todos os setores da sociedade – economia, trabalho, ambiente, relações internacionais –, assim como a própria vida da sociedade – moradia, alimentação, transporte, lazer, entre outros. Por isso, os suprimentos de energia são fatores limitantes primordiais do desenvolvimento econômico. O mundo se tornou muito mais interdependente e, assim, o acesso a recursos energéticos adequados e confiáveis é central para o crescimento da economia. Em torno de 40% da energia global vem do petróleo, muito do qual é importado do Golfo Pérsico pelas nações industrializadas. Desta região, o Japão importa dois terços do seu petróleo, os Estados Unidos, 20%, e a França, um terço de suas necessidades de petróleo. Se os países industrializados fossem submetidos a alguma restrição significativa do seu acesso a estas fontes de petróleo, como a redução das jazidas ou grandes aumentos de preços, certamente as economias iriam sofrer danos consideráveis. A FIGURA 1 mostra o percentual das diversas fontes de energia utilizadas pelo bloco de países industrializados no mundo. Vê-se, claramente, que ainda há uma dependência elevada no índice de consumo de petróleo como fonte de energia.

FIGURA 1: FONTES DE ENERGIA EM PAÍSES INDUSTRIALIZADOS.



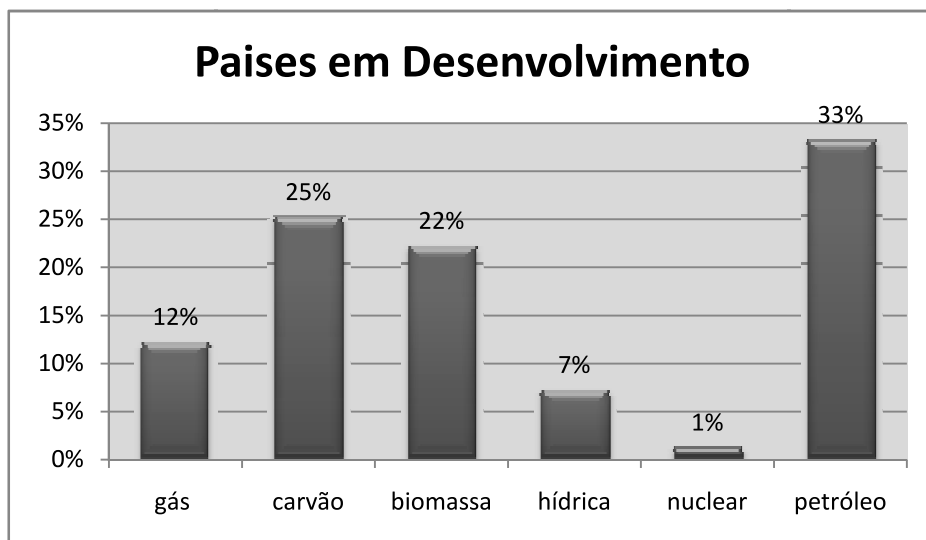
FONTE: ENERGIA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO – JOSÉ GOLDEMBERG & LUZ DONDERO VILLANUEVA

No entanto, para as próximas décadas as perspectivas da economia mundial são de crise na área da energia. Crise identificada pelo descompasso entre o crescimento da demanda e a incapacidade da oferta acompanhar o ritmo de desenvolvimento mundial, em especial do petróleo que é a base da matriz energética. Num passado não muito distante,

acompanhamos como resultado mais imediato e visível desta crise, a volatilidade e recordes no preço do barril do petróleo, que chegou a US\$147. Vimos também uma queda brusca nos valores do barril de petróleo, cujos valores negociados chegavam a, aproximadamente, US\$ 50/barril. No entanto, uma redução maior do que o esperado nos estoques de petróleo nos EUA, juntamente com a instabilidade da moeda americana, justificaram a retomada da trajetória de alta nos preços do produto no mercado internacional. Num panorama tão instável, os países buscam alternativas para blindar suas economias das incertezas geradas pela crise energética, tais como, estímulo às fontes alternativas: biomassa, eólica, solar -, retorno da energia nuclear, gás natural e eficiência energética.

Na FIGURA 2, observa-se uma maior abertura a outras fontes de energia, em países em desenvolvimento.

FIGURA 2; FONTES DE ENERGIA EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO.



FONTE: ENERGIA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO – JOSÉ GOLDEMBERG & LUZ DONDERO VILLANUEVA

Embora a dependência do petróleo ainda seja grande (33%), vê-se que a chamada “energia limpa” começa a ganhar espaço no panorama mundial, a partir dos países em desenvolvimento, e tendem a ampliar os seus territórios como resposta à preocupação ambiental que urge na atualidade. Dentre elas destaca-se a biomassa, uma fonte que favorece os países predominantemente agrícolas, além de ser uma solução viável para os resíduos sólidos municipais (lixo residencial e comercial).

# **CAPÍTULO 3**

**BIOMASSA: O GRANDE CONCEITO**

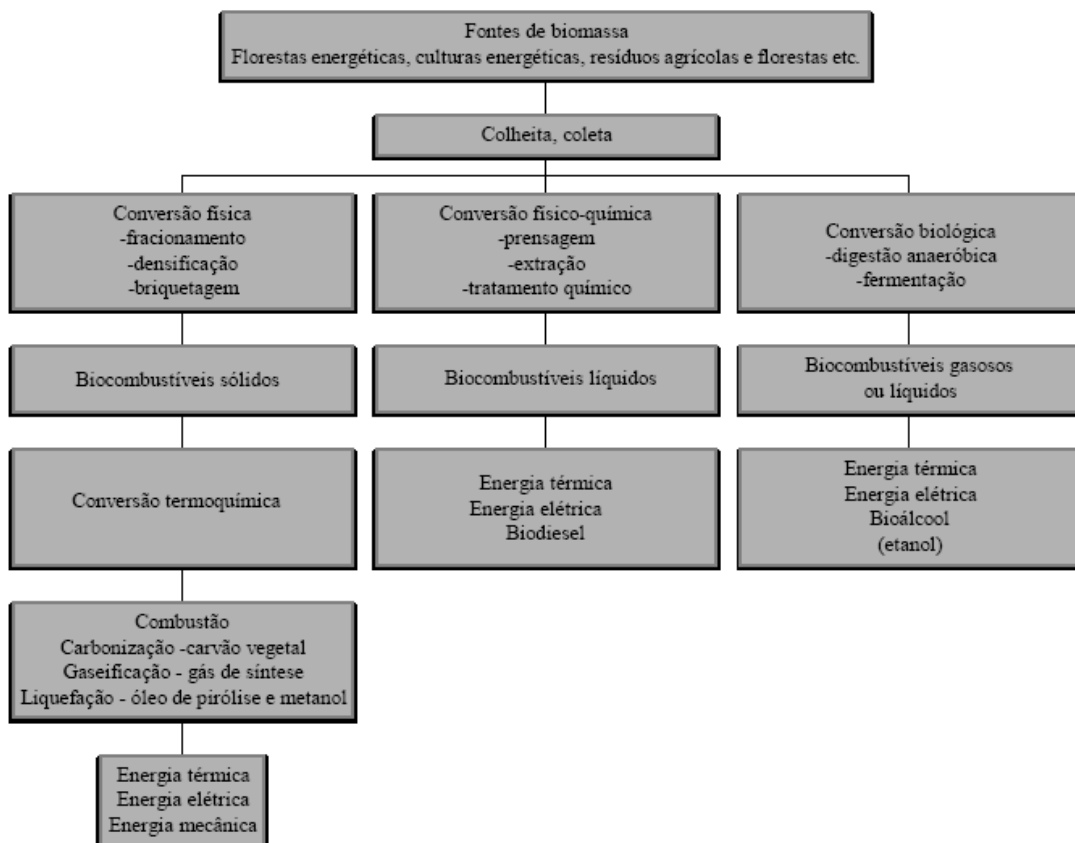
### 3. BIOMASSA: O GRANDE CONCEITO

#### 3.1. O que é?

A biomassa não é uma fonte de energia recente. Ela é uma fonte de energia tão antiga quanto a humanidade e tão nova quanto o jornal de hoje, embora essa palavra tenha sido amplamente comentada como uma fonte que, num futuro próximo, complementar e até mesmo reduzirá o consumo dos combustíveis fósseis. Mas o que ela é?

O termo **biomassa** representa “o total da matéria de origem orgânica, viva ou morta, existente nos organismos, animal, vegetal e microrganismos, em uma determinada comunidade”. Ela contém energia armazenada sob a forma química. Esse termo engloba a matéria vegetal gerada a partir da fotossíntese e seus derivados.

FIGURA 3: ESTRUTURA HIERÁRQUICA DOS DIFERENTES PROCESSOS PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE BIOMASSA



FONTE: (adaptado de Staiss & Pereira, 2001).

**Energia de biomassa** é a energia derivada de matéria viva como os grãos (milho, trigo), as árvores e as plantas aquáticas; esta matéria viva também é encontrada nos resíduos florestais (incluindo os restos de colheita e os estrumes) e nos resíduos sólidos municipais. A biomassa pode ser utilizada como combustível em três formas: combustíveis sólidos como as lascas de madeira; combustíveis líquidos produzidos a partir da ação química ou biológica sobre a biomassa sólida e/ ou da conversão de açúcares vegetais em etanol ou metanol; e combustíveis gasosos produzidos por meio do processamento com alta temperatura e alta pressão.

Embora os COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS também sejam derivados da vida vegetal (carvão mineral) ou animal (petróleo e gás natural):

- São resultado de uma parcela de tempo considerável de atividade até à conversão na sua forma atual.
- Não são recursos naturais renováveis a curto prazo, enquanto que a biomassa pode considerar-se um recurso natural renovável.

O biocombustível sólido ou carvão vegetal renovável é aquele que tem como fonte os produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais) e os resíduos da floresta e das indústrias. Nesse caso, o processo de conversão ou aproveitamento de energia, passa primeiro pela recolha dos vários resíduos de que é composta, seguido do transporte para os locais de consumo, onde se faz o aproveitamento energético por combustão direta.

As vantagens do biocombustível sólido são o baixo custo de aquisição, a não emissão dióxido de enxofre, o fato das cinzas serem menos agressivas ao meio ambiente que as provenientes de combustíveis fósseis, menor corrosão dos equipamentos (caldeiras, fornos), menor risco ambiental, além de ser um recurso renovável. Em contrapartida, apresenta como desvantagens o menor poder calorífico, maior possibilidade de emissões de partículas para a atmosfera. Isto significa maior custo de investimento para a caldeira e os equipamentos de redução de emissões de partículas (filtros, etc.) e dificuldades no estoque e armazenamento.

O biocombustível líquido (biodiesel, etanol, metanol) pode ser utilizado na substituição total ou parcial como combustível para veículos motorizados. No caso do biodiesel a sua utilização, com uma porcentagem até 30%, é possível em motores de Diesel convencionais, sem alterações ao motor. Podendo ser utilizados com concentrações até 100% em motores especialmente preparados para o efeito. O etanol ocupa um lugar de destaque no Brasil, com cerca de 43% dos veículos movidos a etanol. No entanto existem algumas desvantagens ainda não ultrapassadas na produção deste tipo de biocombustível:

- a queima da palha do canavial, que visa o aumento da produtividade, redução de custos de transporte tem conseqüências para o ambiente, ao libertar gás CO<sub>2</sub>, ozônio, gases de nitrogênio e de enxofre (responsáveis pelas chuvas ácidas);
- a produção de efluentes do processo industrial da cana-de-açúcar, os quais devem ser tratados e se possível reaproveitados na forma de fertilizantes.

Por fim, o biocombustível gasoso é aquele cuja obtenção faz-se a partir da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica contida nos resíduos como efluentes agropecuários, da agro-indústria e urbanos, obtendo-se uma mistura gasosa de metano e dióxido de carbono (biogás), aproveitando o seu potencial energético através da queima para obtenção de energia térmica ou elétrica. Este resulta da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica contida nos resíduos e é constituído por uma mistura de metano (CH<sub>4</sub>) em percentagens que variam entre os 50% e os 70% sendo o restante essencialmente CO<sub>2</sub>. Para o aproveitamento do biogás, dependendo da sua fonte, são aplicadas diversas tecnologias de aproveitamento deste potencial energético, finalizando quase todos na queima do biogás para obtenção de calor ou para transformação em energia elétrica. Cada processo de transformação, e seus respectivos produtos serão detalhados posteriormente;

Os recursos de biomassa ocupam uma grande área de terra e essas fontes estão sendo fortemente consideradas como combustíveis alternativos para driblar os altos preços do petróleo, que desaceleram o crescimento econômico. Sua utilização também tem sido amplamente difundida para transportes, especialmente em função dos novos padrões de poluição atmosférica, estabelecidos a partir do contexto global de aquecimento e da perspectiva de minimização dos efeitos nocivos dos combustíveis fósseis.



Desde a colheita ou corte de uma árvore ou outra planta até a transformação em formas finais de energia útil, nas condições requeridas pelo usuário, como calor (energia térmica de alta ou baixa temperatura) e movimento (energia mecânica cinética) os chamados biocombustíveis devem passar por uma longa sequência de etapas em que intervêm operações de transporte, armazenamento e diversos processos físicos e químicos. A figura 4 apresenta, de forma resumida algumas etapas dessa transformação, desde a natureza até o consumidor final.

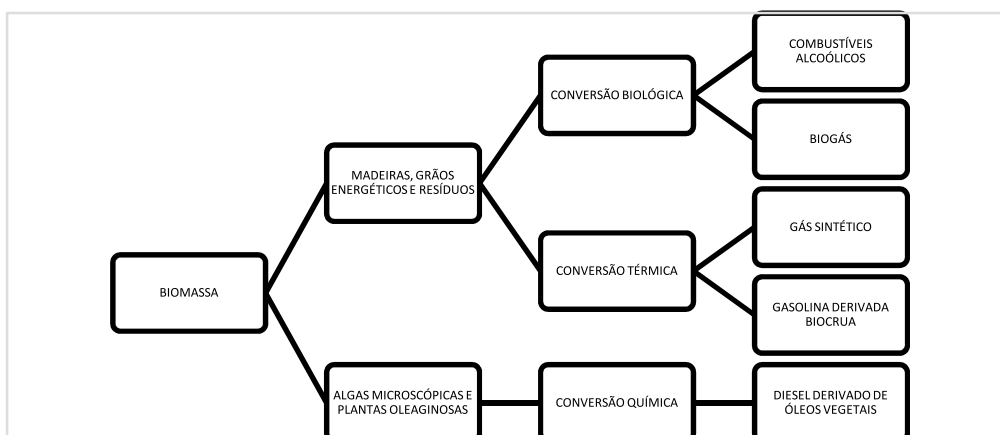
FIGURA 4: OPERAÇÃO E ATIVIDADES EM SISTEMAS DE BIOMASSA.



FONTE: DENDROENERGIA: Fundamentos e Aplicações. Luiz Augusto Horta Nogueira

As biomassas mais utilizadas são: a lenha (já representou 40% da produção energética primária no Brasil), o bagaço da cana-de-açúcar, galhos e folhas de árvores, papéis, papelão, etc. A biomassa é o elemento principal de diversos novos tipos de combustíveis e fontes de energia como o bio-óleo, o biogás, o BTL e o biodiesel. A Figura 5 ilustra algumas formas por meio das quais a biomassa é convertida em outros combustíveis.

FIGURA 5: CONVERSÃO DE BIOMASSA EM COMBUSTÍVEIS ÚTEIS.



Fonte: (Hinrichs e Kleinbach, Energia e meio ambiente, 2003)

### 3.2. QUAIS AS VANTAGENS E OBSTÁCULOS DE SUA UTILIZAÇÃO?

Devido à preocupação ambiental e o comprometimento de alguns em garantir a “saúde do planeta” para as futuras gerações, é imprescindível citar a existência do Protocolo de Kyoto, que apresenta, em seu documento, um cronograma em que os países são obrigados a reduzir, em 5,2%, a emissão de gases poluentes, entre os anos de 2008 e 2012 (primeira fase do acordo). Os gases citados no acordo são: dióxido de carbono, gás metano, óxido nitroso, hidrocarbonetos fluorados, hidrocarbonetos perfluorados e hexafluoreto de enxofre. Estes últimos três são eliminados principalmente por indústrias. A emissão destes poluentes deve ocorrer em vários setores econômicos e ambientais. Os países devem colaborar entre si para atingirem as metas. O protocolo sugere ações comuns como, por exemplo:

- Aumento no uso de fontes de energias limpas (biocombustíveis, energia eólica, biomassa e solar);
- Proteção de florestas e outras áreas verdes;
- Otimização de sistemas de energia e transporte, visando o consumo racional;
- Diminuição das emissões de metano, presentes em sistemas de depósito de lixo orgânico;
- Definição de regras para a emissão dos créditos de carbono (certificados emitidos quando há a redução da emissão de gases poluentes).

E, caracterizado como energia limpa, o uso da biomassa na produção de energia apresenta baixo custo, o fato de ser renovável, permitir o reaproveitamento de resíduos e ser bem menos poluente que outras fontes de energia como o petróleo ou o carvão.

Contra ela, apresentam-se alguns fatores, tais como: menor poder calorífico; maior possibilidade de geração de material particulado para a atmosfera. Isto significa maior custo de investimento para a caldeira e os equipamentos para remoção de material particulado; dificuldades no estoque e armazenamento. Além disso, rumores de que ela tem sido responsável pelo aumento do preço dos alimentos e por contribuir com o aumento da fome em escala global tem reduzido o ritmo da marcha de crescimento da biomassa.

### 3.3. Fontes primárias de biomassa

- Vegetais não-lenhosos
  - Sacarídeos
  - Celulósicos
  - Amiláceos
  - Aquáticos
- Vegetais lenhosos
  - Madeiras
- Resíduos orgânicos
  - Agrícolas
  - Industriais
  - Urbanos (240.000 a 300.000 t/dia)
- Biofluidos
  - Óleos Vegetais

Estão listadas acima as fontes primárias de biomassa e suas respectivas origens e classificações. No entanto, como a discussão gira em torno dos alimentos, resíduos orgânicos agrícolas, eles serão detalhados abaixo.

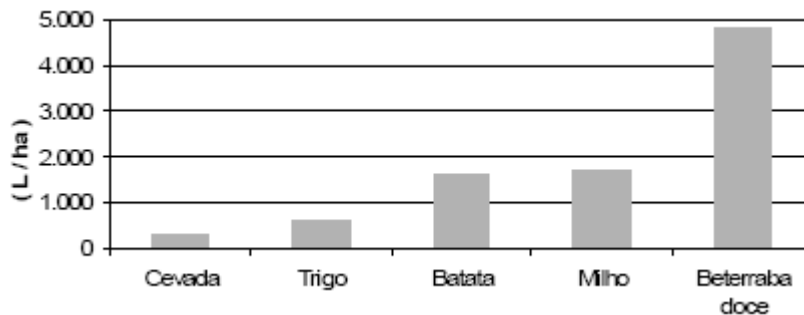
TABELA 2: RENDIMENTO EM BIOETANOL POR CULTURA.

Culturas energéticas	Produtividade média (kg/ha)	Rendimento em bioetanol	
		Índice de conversão (L/ton)	Rendimento unitário (L/ha)
Trigo	1.540	385	593
Cevada	1.341	216	290
Milho	4.379	388	1.699
Batata	13.670	118	1.613
Beterraba doce	50.046	97	4.854

FONTE: INE 2000 (MÉDIA DE 1990 ATÉ 2000).

Em situação de concorrência entre usos do solo por diferentes culturas, seria mais interessante do ponto de vista de rendimento energético, a fileira que para o mesmo conteúdo energético necessitasse de menor área, ou seja, a beterraba doce, o milho e a batata.

FIGURA 6: RENDIMENTO EM BIOETANOL.



- **Cana-de-açúcar:**

Historicamente a cana-de-açúcar é um dos principais produtos agrícolas do Brasil, sendo cultivada desde a época da colonização. Do seu processo de industrialização obtêm-se como produtos o açúcar nas suas mais variadas formas e tipos, o álcool (anidro e hidratado), o vinhoto e o bagaço.

Devido à grandeza dos números do setor sucroalcooleiro no Brasil, não se pode tratar a cana-de-açúcar, apenas como mais um produto, mas sim como o principal tipo de biomassa energética, base para todo o agronegócio sucroalcooleiro, representado por 350 indústrias de açúcar e álcool e 1.000.000 empregos diretos e indiretos em todo o Brasil.

O etanol de cana-de-açúcar já é produzido a um custo médio estimado em cerca de US\$ 0,18/litro, o que o torna competitivo com a gasolina, desde que o preço do petróleo não caia abaixo de US\$ 25 o barril.

As usinas de cana, além da energia, oferecem algumas vantagens para o sistema elétrico brasileiro:

- proximidade do mercado: a maioria das usinas está próxima das cargas, portanto as perdas de transporte são baixas, dispensam grandes investimentos em transmissão e aumentam a confiabilidade do serviço na área;

- rapidez para desenvolvimento: o prazo de desenvolvimento é de dois a três anos, bem inferior ao das usinas convencionais, inclusive térmicas;
- maior confiabilidade: geradores de 40 a 80 MW com diversidade espacial, aumentam a confiabilidade do serviço na subtransmissão e distribuição;
- sazonalidade complementar à das hidrelétricas: a geração das usinas sucroalcooleiras, sobretudo na região Sudeste, complementa a das hidrelétricas visto que coincide com os meses de menor afluência hidrológica e de depleção dos reservatórios, o que aumenta a quantidade de energia disponível no sistema instalado.
- garantia do sistema: as usinas que operam apenas na safra podem ser equipadas para operarem com outro combustível além da biomassa, adicionando reservas de baixo custo para o sistema.

- **Milho**

O milho e a sua demanda são alvos de notícias, especulação, e estão constantemente na mídia. É considerado o terceiro cereal mais importante do mundo, por ser uma rica fonte de nutrientes. Além disso, serve de matéria-prima para produção de óleos, proteínas, bebidas alcoólicas, adoçantes, etanol, xaropes e vários outros produtos. O milho é uma das plantas cultivadas mais antigas, é um cereal muito conhecido e cultivado em diversas regiões do mundo.

Originou-se na América, e era o principal alimento das culturas indígenas muito antes dos europeus chegarem. Junto com o descobrimento o milho foi introduzido nos países mediterrâneos onde se difundiu rapidamente. O milho se tornou o cereal mais cultivado de todos os continentes, devido à grande pesquisa em seleção e melhoramento genético. Hoje são encontradas aproximadamente 150 espécies de milho com grande variedade de cor e formato de grãos.

O grão do milho é constituído de carboidratos, proteínas, vitaminas( A e complexo B), sais minerais(ferro, fósforo, potássio, cálcio), óleo e grandes quantidades de açúcares, gorduras, celulose e calorias. Com a perspectiva de redução no consumo de combustíveis fósseis, uma das alternativas é a produção de biocombustível, produzidas a partir da extração de óleo do milho e de oleaginosas. Também como etanol "álcool" a base de milho (mais utilizado nos EUA) e a cana de açúcar (mais utilizada no Brasil).

- **Canola**

O estudo, publicado na revista Chemistry & Industry, diz que o diesel feito a partir de canola pode lançar mais gases de efeito estufa do que o diesel convencional, feito a partir de petróleo.

O problema está na plantação de canola. Em princípio, usar um óleo vegetal seria vantajoso porque a planta, ao crescer, captura carbono da atmosfera, pela fotossíntese. Mas os campos de canola emitem bastante dióxido de nitrogênio, um gás até 300 vezes mais potente do que o gás carbônico. Isso anularia a vantagem de usar um combustível de origem vegetal.

Segundo o estudo, dá para cortar em um terço as emissões de gases do efeito estufa plantando árvores na terra que seria usada para a canola.

- **Beterraba**

A beterraba é uma raiz que aparece em duas colorações: branca, de onde se extrai o açúcar; e vermelha, que é utilizada na alimentação. A beterraba é usada também como combustível na Europa (com produção consolidada na Alemanha), onde eles a deixam processo de tratamento que utilizam sua substância para preparar o famoso etanol de beterraba, onde irão utilizá-lo para abastecer carros, caminhões, entre outros equipamentos.

- **Batata-doce**

Como fonte alternativa de bioenergia a batata-doce apresenta ótima produção de biomassa para obtenção de álcool combustível, associada à rusticidade do plantio. Resultados preliminares têm mostrado que um hectare de raiz de batata-doce rende de 30 a 40 toneladas de biomassa, que pode ser transformada em combustível.

Desde os anos 70 muitos pesquisadores já buscavam desenvolver combustível de batata-doce, esbarrando na baixa produtividade das cultivares plantadas. Em média, uma tonelada de batata doce rende até 180 litros de álcool e 300 quilos de resíduo, utilizado para produção de farinha e de ração animal. O custo de produção de álcool de batata-doce é menos da metade do que o produto de cana-de-açúcar. O álcool de batata-doce é um produto de alto valor agregado destinado à fabricação de bebidas, cosméticos, tintas e remédios, utilizados em vários países como a Bélgica e o Japão. Qualquer atividade que vise obter produções elevadas de batata-doce deve prever a utilização de material

propagativo de alta sanidade. Plantas de batata-doce livres de vírus mostram ganhos de 108 e 126%.

- **Lenha**

Embora não esteja relacionada a alimentos, a lenha destaca-se como provavelmente o energético mais antigo usado pelo homem e continua tendo grande importância na Matriz Energética Brasileira, participando com cerca de 10% da produção de energia primária. A lenha pode ser de origem nativa ou de reflorestamento. Seus principais constituintes são a celulose (41-49%) a hemicelulose (15-27%) e a lignina (18-24%), e seu poder calorífico inferior médio é de 4.200 kcal/kg (17,57 MJ/kg).

Ela tem recebido a denominação de energia dos pobres por ser parte significativa da base energética dos países em desenvolvimento, chegando a representar até 95% da fonte de energia em vários países. Nos países industrializados, a contribuição da lenha chega a um máximo de 4%.

As novas tecnologias de conversão da lenha em combustíveis líquidos, sólidos e gasosos de alto valor agregado, têm, atualmente, grande interesse mundial e recebem importante quantia de recursos para suas pesquisas e desenvolvimentos. A combustão ou queima direta é a forma mais tradicional de uso da energia da lenha, porém, a gaseificação e a pirólise são processos termoquímicos que recebem especial atenção.

# **CAPÍTULO 4**

**HISTÓRIA DA BIOMASSA**



#### 4. HISTÓRIA DA BIOMASSA

Um dos primeiros empregos da biomassa pelo ser humano para adquirir energia, essencialmente como lenha, teve início com a utilização do fogo como fonte de ENERGIA TÉRMICA E LUMINOSA, no período paleolítico, quando na África e Ásia apareceram as primeiras fogueiras feitas nas cavernas onde viviam nossos antepassados. O domínio desse recurso natural trouxe ao homem a possibilidade de exploração dos minerais, minérios e metais, marcando novo período antropológico. As carroças movidas por animais surgem em 3.500 a.C. na Suméria, na mesma época em que são inventados no Egito os botes com velas. A roda d'água surge em 3000 a.C, na Babilônia. A madeira foi por um longo período de tempo a principal fonte energética, com ela a cocção, a siderurgia e a cerâmica foram empreendidas.

A China adota o carvão como fonte de energia por volta de 1.000 a.C. À medida que o carvão da superfície escasseava, ele começou a ser escavado, mas não conseguiu substituir a madeira.

Óleos de fontes diversas eram utilizados em menor escala. O grande salto da biomassa deu-se com o advento da lenha na siderurgia, no período da Revolução Industrial.

Nos anos que compreenderam o século XIX, com a revelação da tecnologia a vapor, a biomassa passou a ter papel primordial também para obtenção de energia mecânica com aplicações em setores na indústria e nos transportes. Foi com a Revolução Industrial na Europa e posteriormente nos Estados Unidos, especialmente durante o século XIX, que a enorme expansão da demanda de combustíveis não pôde mais ser satisfeita pela energia solar acumulada nos vegetais, justificando então a exploração do carbono e dos combustíveis fósseis. Para muitos países, a transição para estes combustíveis foi a única saída que restou, logo após terem explorado, por séculos, de forma intensa e irracional seus bosques, que chegaram praticamente a desaparecer em grandes extensões, principalmente na Europa.

A despeito do início da exploração dos combustíveis fósseis, como o carvão mineral e o petróleo, a lenha continuou desempenhando importante papel energético, principalmente nos países tropicais. No Brasil, foi aproveitada em larga escala, atingindo a marca de 40% da produção energética primária, porém, para o meio-ambiente um valor como esse não é

motivo para comemorações, afinal, o desmatamento das florestas brasileiras aumentou nos últimos anos.

Durante os colapsos de fornecimento de petróleo que ocorreram durante a década de 1970, e particularmente entre os anos de 1973 a 1979, com a forte elevação dos preços do petróleo, essa importância se tornou evidente pela ampla utilização de artigos procedentes da biomassa como álcool, gás de madeira, biogás e óleos vegetais nos motores de combustão interna. Porém, em 1985 os preços do petróleo voltaram a seus níveis iniciais, reduzindo, então, de forma significativa o interesse nestas novas ou redescobertas fontes de fornecimento energético (bioenergias).

A segunda fase de expansão e interesses pela biomassa energética surge nos anos noventa, com o desenvolvimento de tecnologias avançadas de transformação e com a incorporação definitiva da temática ambiental nas discussões feitas sobre energia. Nesse novo quadro, a biomassa passa a ser considerada um forma oportuna de satisfazer a demanda energética, pois apresentam um menor impacto ambiental, possibilitam a geração de empregos e dinamizam as economias regionais.

# **CAPÍTULO 5**

**PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA**

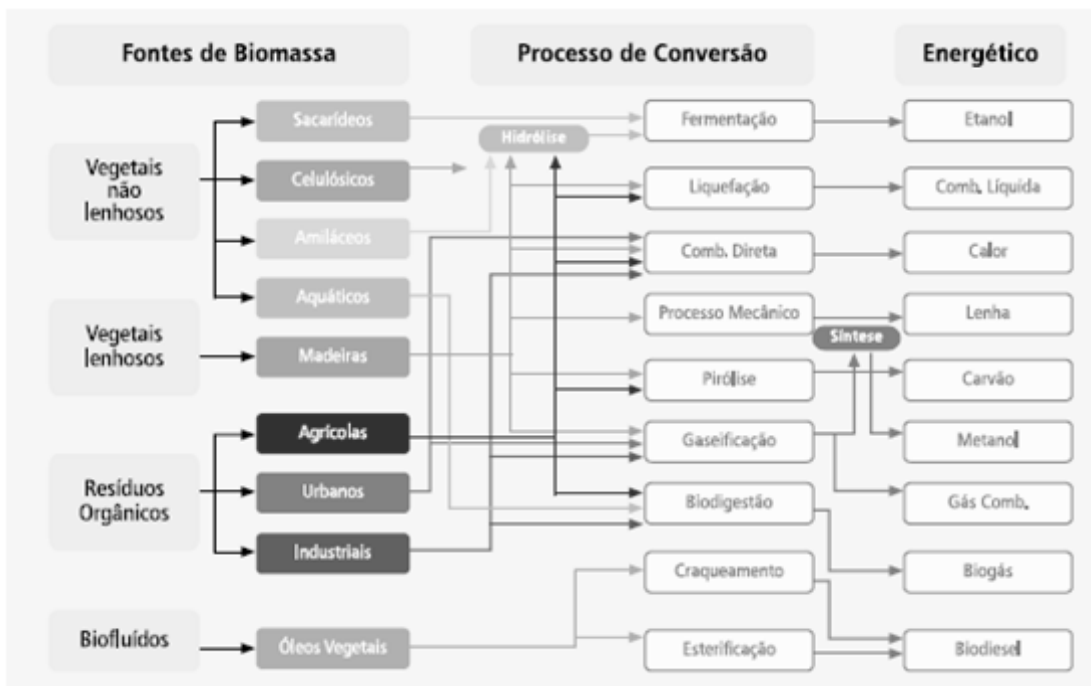
## 5. PROCESSOS BÁSICOS DE CONVERSÃO DA BIOMASSA

O processo fundamental de conversão de plantas verdes é a **fotossíntese**, que é a combinação de CO<sub>2</sub> atmosférico com água e energia luminosa para produzir oxigênio e carboidratos (açúcares e amidos), tal como descreve a equação abaixo:



O reverso deste processo é chamado de **respiração**, na qual CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e calor são produzidos pela combustão de carboidratos e oxigênio. Ela ocorre nas folhas e raízes dos vegetais e nos animais, assim como a matéria orgânica em decomposição. A eficiência da fotossíntese é de apenas cerca de 1% para o processo de transformação de energia solar em energia química armazenada. Nas plantas verdes, a fotossíntese e a respiração ocorrem durante o dia e a respiração à noite, levando a alterações diárias na concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico.

FIGURA 7; CONVERSÃO DE BIOMASSA EM COMBUSTÍVEIS ÚTEIS.



A FIGURA 7 mostra que os processos para a conversão de biomassa em outras formas de energia são numerosos. No entanto, se destacam os processos relacionados abaixo.

### **5.1. Combustão**

É a transformação da energia química dos combustíveis em calor, por meio das reações dos elementos constituintes com o oxigênio fornecido. Para fins energéticos, a combustão direta ocorre essencialmente em fogões (cocção de alimentos), fornos (metalurgia, por exemplo) e caldeiras (geração de vapor, por exemplo). Embora muito prático e, às vezes, conveniente, o processo de combustão direta é normalmente muito ineficiente. Outro problema da combustão direta é a alta umidade (20% ou mais no caso da lenha) e a baixa densidade energética do combustível (lenha, palha, resíduos etc.), o que dificulta o seu armazenamento e transporte.

### **5.2. Gaseificação**

A gaseificação é um processo de conversão de combustíveis sólidos em gasosos, por meio de reações termoquímicas, envolvendo vapor quente e oxigênio, em quantidades estequiométricas inferiores à combustão (mínimo teórico para a combustão). Há vários tipos de gaseificadores, com grandes diferenças de temperatura e/ou pressão. Os mais comuns são os reatores de leito fixo e de leito fluidizado. O gás resultante é uma mistura de monóxido de carbono, hidrogênio, metano, dióxido de carbono e nitrogênio, cujas proporções variam de acordo com as condições do processo, particularmente se é ar ou oxigênio que está sendo usado na oxidação.

A gaseificação de biomassa, no entanto, não é um processo recente. Atualmente, esse renovado interesse deve-se principalmente à limpeza e versatilidade do combustível gerado, quando comparado aos combustíveis sólidos. A limpeza se refere à remoção de componentes químicos nefastos ao meio ambiente e à saúde humana, entre os quais o enxofre. A versatilidade se refere à possibilidade de usos alternativos, como em motores de combustão interna e turbinas a gás. Um exemplo é a geração de eletricidade em

comunidades isoladas das redes de energia elétrica, por intermédio da queima direta do gás em motores de combustão interna (SANCHEZ; LORA; GÓMEZ, 1997). Outra vantagem da gaseificação é que, sob condições adequadas, produz gás sintético, que pode ser usado na síntese de qualquer hidrocarboneto.

### **5.3. Fermentação**

A fermentação é um processo biológico anaeróbio em que os açúcares de plantas como a batata, o milho, a beterraba e, principalmente, a cana de açúcar são convertidos em álcool, por meio da ação de microrganismos. Em termos energéticos, o produto final, o álcool, é composto por etanol e, em menor proporção, metanol, e pode ser usado como combustível (puro ou adicionado à gasolina – cerca de 20%) em motores de combustão interna.

### **5.4. Pirólise**

Consiste em aquecer o material original (normalmente entre 300°C e 500°C), na “quase-ausência” de ar, até que o material volátil seja retirado. O principal produto final é o carvão. O principal produto final (carvão) tem uma densidade energética duas vezes maior que aquela do material de origem e queima em temperaturas muito mais elevadas. Além de gás combustível, a pirólise produz alcatrão e ácido piro-lenhoso. A relação entre a quantidade de lenha (material de origem) e a de carvão (principal combustível gerado) varia muito, de acordo com as características do processo e o teor de umidade do material de origem. Em geral, são necessárias de quatro a dez toneladas de lenha para a produção de uma tonelada de carvão. Se o material volátil não for coletado, o custo relativo do carvão produzido fica em torno de dois terços daquele do material de origem (considerando o conteúdo energético). Nos processos mais sofisticados, costuma-se controlar a temperatura e coletar o material volátil, visando melhorar a qualidade do combustível gerado e o aproveitamento dos resíduos. Nesse caso, a proporção de carvão pode chegar a 30% do material de origem. Embora necessite de tratamento prévio (redução da acidez), o líquido produzido pode ser usado como óleo combustível. Nos processos de pirólise rápida, sob temperaturas entre 800°C e 900°C, cerca de 60% do material se transforma num gás rico

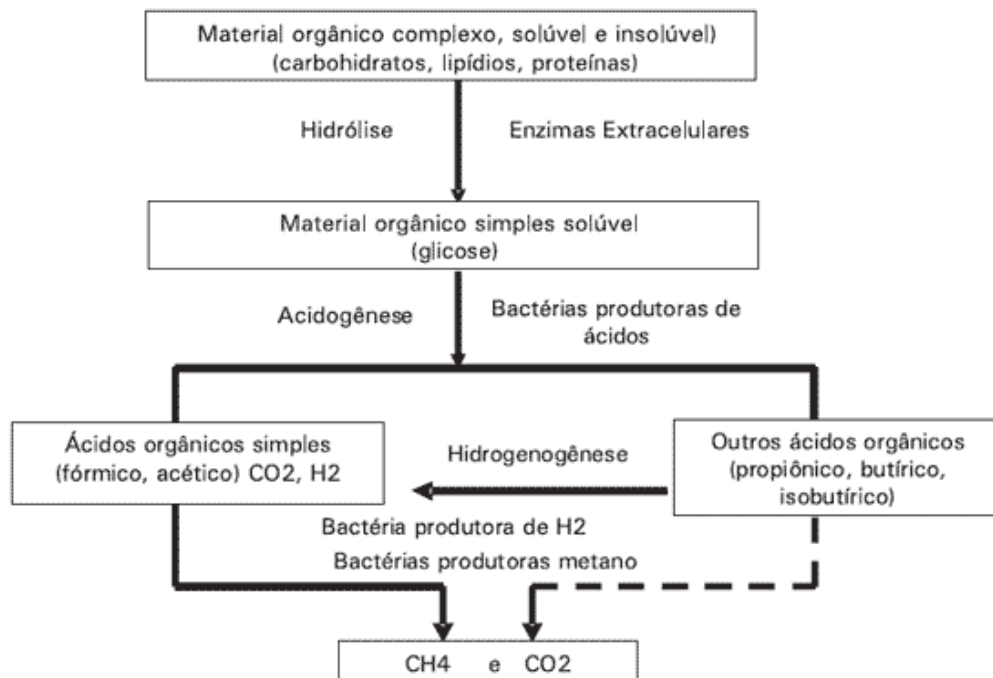
em hidrogênio e monóxido de carbono (apenas 10% de carvão sólido), o que a torna uma tecnologia competitiva com a gaseificação. Todavia, a pirólise convencional (300°C a 500°C) ainda é a tecnologia mais atrativa, devido ao problema do tratamento dos resíduos, que são maiores nos processos com temperatura mais elevada (RAMAGE; SCURLOCK, 1996).

A pirólise pode ser empregada também no aproveitamento de resíduos vegetais, como subprodutos de processos agroindustriais. Nesse caso, é necessário que se faça a compactação dos resíduos, cuja matéria-prima é transformada em briquetes. Com a pirólise, os briquetes adquirem maiores teores de carbono e poder calorífico, podendo ser usados com maior eficiência na geração de calor e potência.

### 5.5. Biodigestão Anaeróbia

- Ocorre na ausência de ar;
- Consiste na decomposição do material pela ação de bactérias;
- Trata-se de um processo simples, que ocorre naturalmente.

FIGURA 8: ETAPAS METABÓLICAS DO PROCESSO DE DIGESTÃO ANAERÓBIA EM BIODIGESTOR



FONTE: WWW.biodieselbr.com

O tratamento e o aproveitamento energético de dejetos orgânicos (esterco animal, resíduos industriais etc.) podem ser feitos pela digestão anaeróbia em biodigestores, onde o processo é favorecido pela umidade e aquecimento. O aquecimento é provocado pela própria ação das bactérias, mas, em regiões ou épocas de frio, pode ser necessário calor adicional, visto que a temperatura deve ser de pelo menos 35°C. Em termos energéticos, o produto final é o biogás, composto essencialmente por metano (50% a 75%) e dióxido de carbono. Seu conteúdo energético gira em torno de 5.500 kcal por metro cúbico. O efluente gerado pelo processo pode ser usado como fertilizante.

### **5.5.1. Fatores que interferem na biodigestão anaeróbia**

- Temperatura
- Homogeneização do Substrato
- Carga Orgânica Volumétrica
- Inóculo
- Manejo
- Agentes inibidores

### **5.5.2. Biodigestores**

O Biodigestor é um reservatório onde se coloca a biomassa (material orgânico) para decomposição. Pode ser um tanque revestido e coberto por manta impermeável de PVC, o qual, com exceção dos tubos de entrada e saída, é totalmente vedado, criando um ambiente anaeróbio (sem a presença de oxigênio). Este processo pode ser dividido em três estágios com três distintos grupos de microrganismos. O primeiro estágio envolve bactérias fermentativas, compreendendo microrganismos anaeróbios e facultativos. Neste estágio, materiais orgânicos complexos (carboidratos, proteínas e lipídios) são hidrolisados e fermentados em ácidos graxos, álcool, dióxido de carbono, hidrogênio, amônia e sulfetos. As bactérias acetogênicas participam do segundo estágio, consumindo os produtos primários e produzindo hidrogênio, dióxido de carbono e ácido acético. Dois grupos distintos de bactérias metanogênicas participam do terceiro estágio, o primeiro grupo reduz o dióxido de carbono a metano e o segundo descarboxiliza o ácido acético produzindo metano e dióxido de carbono. Apesar de parecer complexo, este processo de fermentação ocorre



naturalmente e continuamente dentro do biodigestor, desde que o sistema for manejado corretamente.

É no interior do biodigestor que acontece a fermentação da biomassa, dando origem ao biogás. O biogás é uma energia renovável e limpa. Substituto do gás de cozinha, a queima do biogás não desprende fumaça e não deixa resíduos nas panelas, facilitando a vida de agricultores e donas de casas. Sua utilização sistemática reduz os custos do gás, incluindo produto, transporte e armazenagem. O biogás pode ser utilizado em fogões, lampiões, geladeiras, chocadeiras, secadores diversos, motores de combustão interna, geradores de energia elétrica, etc.

Ainda como subproduto dos biodigestores, destaca-se a produção de biofertilizante, material oriundo do esterco de caprinos, ovinos, suínos ou bovinos após ser fermentado no biodigestor. Esses biofertilizantes apresentam alta qualidade devido:

- À redução do teor de carbono (C) do material. A matéria orgânica digerida libera carbono em forma de metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>);
- Ao aumento no teor de nitrogênio (N) e demais nutrientes, em consequência da liberação de carbono;
- À diminuição da relação carbono/nitrogênio (C/N) da matéria orgânica, que melhora a utilização agrícola;
- À maior facilidade da utilização de biofertilizantes pelos microrganismos do solo, devido ao avançado grau de decomposição;
- Ao biofertilizante que também pode ser utilizado no controle de pragas e doenças de culturas agrícolas.

A utilização dos biodigestores, além da geração do biogás e dos biofertilizantes, pode trazer outros benefícios, tais como melhoria nas condições de higiene para os animais e as pessoas, benefícios ambientais e benefícios sociais e econômicos. A melhoria nas condições de higiene deve-



se à limpeza diária das instalações para recolher o esterco e seu tratamento adequado, que resultam na redução da contaminação do meio ambiente por microrganismos nocivos e parasitas. Quanto aos benefícios ambientais, pode-se destacar a redução da emissão dos gases de efeito estufa (GEE), preservação da fauna e da flora nativa, já que o biogás como substituto da lenha reduz a necessidade de cortes de árvores e, por fim, a redução de odores desagradáveis, que provém principalmente dos estágios secundários da decomposição dos dejetos sob manejo inadequado. No âmbito dos benefícios sociais e econômicos enfatizamos que o biogás gera economia de GLP, óleo e lenha, além da redução na demanda da produção e distribuição de energia elétrica, assim como aumenta a produção e o tempo de conservação de alimentos.

FIGURA 9: O FLUXO DE ENERGIA E A RECICLAGEM DE MATERIAIS NA NATUREZA.



### 5.5.3. Histórico dos biodigestores no Brasil

Com a crise do petróleo, na década de 70, foi trazida para o Brasil a tecnologia dos biodigestores. Os principais modelos implantados o Chinês, o Indiano e o da Marinha, quase que exclusivamente orientados para produção do biogás. Na região nordeste, foram implantados vários programas de difusão dos biodigestores e a expectativa era muito grande, mas os resultados não foram satisfatórios. Na Paraíba, por exemplo, na década de 80, a

EMATER (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural) conseguiu, através de convênio com o Ministério de Minas e Energia, implantar de cerca de 200 biodigestores em propriedades rurais daquele estado. Segundo avaliação do NERG (Núcleo de Energia da UFPB), deste universo de biodigestores implantados, apenas 4,6% estariam em funcionamento. Quase metade dos suinocultores da região sul afirmou que a baixa utilização de biodigestores se deve a falta informação, enquanto o restante atribuiu ao custo elevado o maior limitante à replicação dessa tecnologia social.

A preocupação com meio ambiente concomitantemente aos avanços na legislação ambiental, atenção à poluição de recursos hídricos e efeitos das ações do homem sobre o clima global, tem despertado na população um interesse para produção de energias renováveis e biocombustíveis. Portanto, os biodigestores constituem-se em alternativa a ser implementada na agricultura sustentável.

Atualmente, o modelo de biodigestor mais difundido no Brasil é aquele feito de manta de PVC, de menor custo e fácil instalação, em relação aos modelos antigos e com a vantagem de poder ser usado tanto em pequenas, quanto grandes propriedades e projetos agro-industriais. O setor privado, contando com o apoio de universidades e entidades de pesquisa, tem sido o responsável no desenvolvimento do mercado desse tipo de biodigestor.

#### **5.5.4. Classificação dos Biodigestores quanto a produção**

Quanto a produção, os biodigestores podem ser classificados como biodigestores de:

- *Produção descontínua:* a biomassa é colocada dentro do biodigestor que é totalmente fechado e só será aberto após a produção de biogás, o que levará mais ou menos noventa dias. Após a fermentação da biomassa, o biodigestor é aberto, limpo e novamente carregado para um novo ciclo de produção de biogás.

- *Produção contínua:* a produção pode acontecer por um longo período, sem que haja a necessidade de abertura do equipamento. A biomassa é colocada no biodigestor ao mesmo tempo em que o biofertilizante é retirado. Os tipos de biodigestores mais usados são os da Marinha, Indiano e Chinês.

## 5.5.5. Tipos de Biodigestores

### 5.5.5.1. Biodigestor Indiano

O biodigestor tipo Indiano tem sua cúpula geralmente feita de ferro ou fibra. Nesse tipo de biodigestor o processo de fermentação acontece mais rápido, pois aproveita a temperatura do solo que é pouco variável, favorecendo a ação das bactérias. Ocupa ainda pouco espaço e a construção por ser subterrânea, dispensa o uso de reforços, tais como cintas de concreto, como mostra a figura 9.

FIGURA 10: IMAGEM DE UM BIODIGESTOR DO TIPO INDIANO INSTALADO

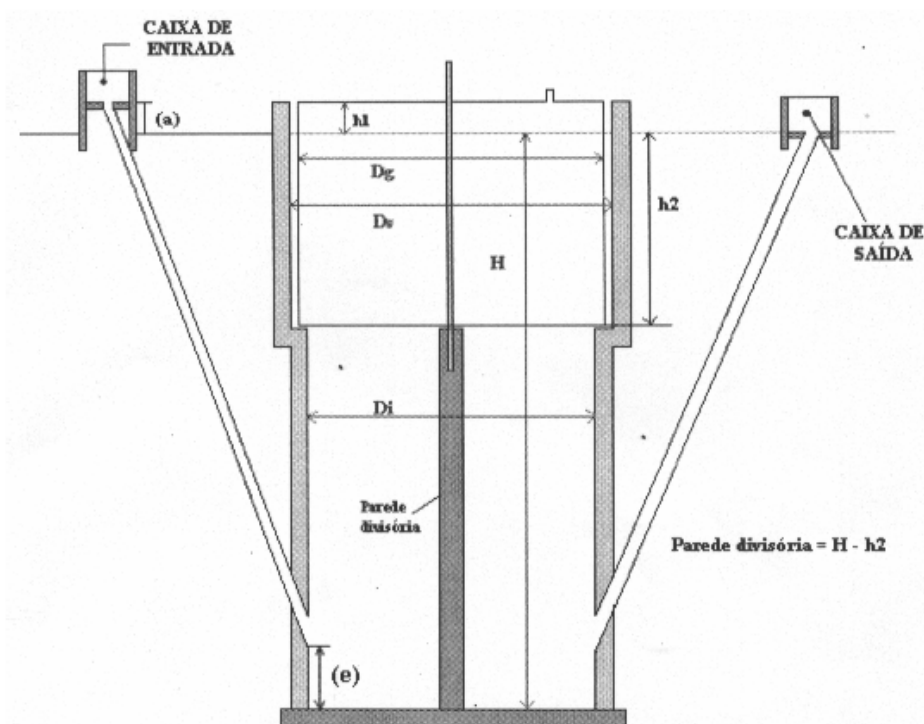


FONTE: Cefet/PN (Biodigestor contínuo modelo Indiano/ Depto. de Eng. Rural / UNESP - Jaboticaba)

- *Vantagens*
  - Por ser construído enterrado no solo e, como a temperatura do solo é pouco variável, o processo de fermentação que ocorre em seu interior tem a vantagem de sofrer pouca variação de temperatura. A temperatura elevada favorece a ação das bactérias (responsáveis pelo processo de fermentação anaeróbica) e a sua queda provoca uma menor produção de biogás.
  - Ocupa pouco espaço do terreno (em relação ao da marinha), porque sua maior extensão é vertical.

- Em termos de custos, sendo as paredes de seu digestor construídas dentro do solo, o modelo dispensa o uso de reforços, tais com cintas de concreto, o que barateia as despesas.
- **Desvantagens**
  - Quando a cúpula for de metal, ela está sujeita ao problema de corrosão. Para evitá-lo, recomenda-se fazer uma boa pintura com um antioxidante, com por exemplo, o zarcão.
  - Temos aqui o custo da cúpula, que o modelo chinês não tem e o da marinha é mais baixo.
  - O sistema de comunicação entre a caixa de carga e o digestor, sendo feito através de tubos, pode ocorrer entupimentos.
  - Sua construção é limitada para áreas de lençol freático alto, ou seja, não é um modelo indicado para terrenos superficiais, pois nestes casos pode ocorrer infiltração.

FIGURA 11: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UM BIODIGESTOR INDIANO



FONTE: Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada. (R. DEGANUTTI)

Onde

$H$  é a altura do nível de substrato;

$D_i$  é o diâmetro interno do biodigestor;

$D_g$  é o diâmetro do gasômetro;

$D_s$  é o diâmetro interno da parede superior;

$h_1$  é a altura ociosa (reservatório do biogás);

$h_2$  é a altura útil do gasômetro;

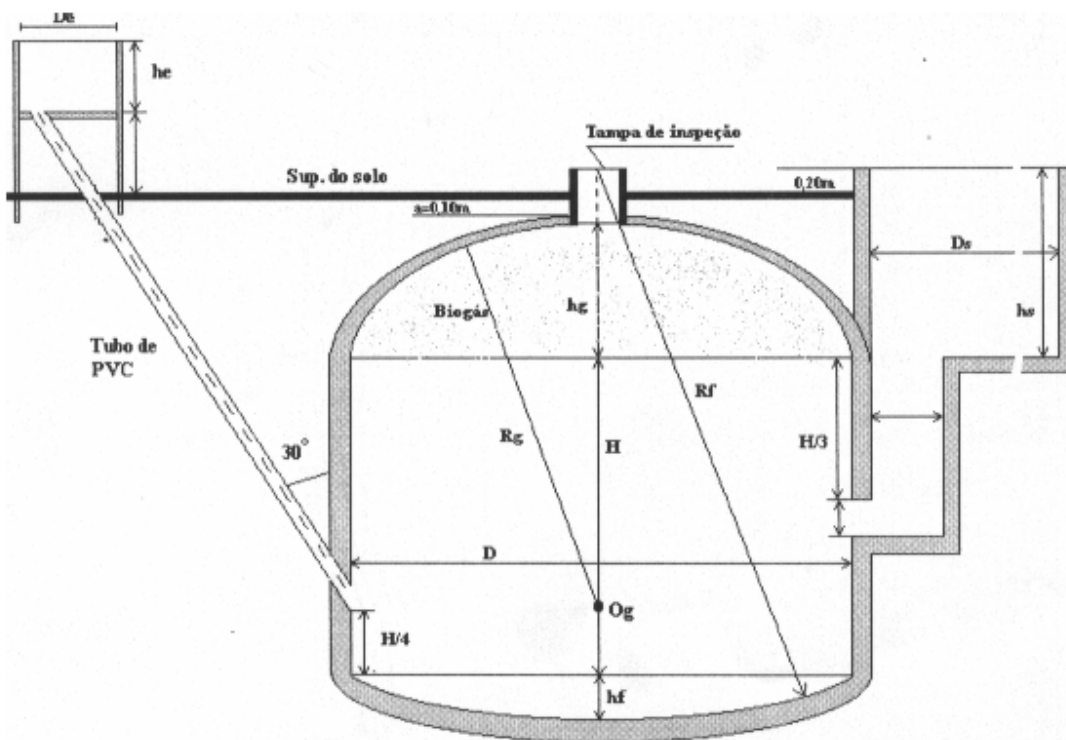
$a$  é a altura da caixa de entrada;

$e$  é a altura de entrada do cano com o efluente.

### 5.5.5.2. Biodigestor Chinês

Construído em alvenaria, modelo de peça única. Desenvolvido na China, onde as propriedades eram pequenas, por isso foi desenvolvido esse modelo que é enterrado, para ocupar menos espaços. Este modelo tem custo mais barato em relação aos outros, pois a cúpula é feita em alvenaria. Também sofrem pouca variação de temperatura.

FIGURA 12: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UM BIODIGESTOR CHINÊS



Onde:

$D$  é o diâmetro do corpo cilíndrico;

$H$  é a altura do corpo cilíndrico;

$h_g$  é a altura da calota do gasômetro;

$h_f$  é a altura da calota do fundo;

$O_f$  é o centro da calota esférica do fundo;

$O_g$  é o centro da calota esférica do gasômetro;

$h_e$  é a altura da caixa de entrada;

$D_e$  é o diâmetro da caixa de entrada;

$h_s$  é a altura da caixa de saída;

$D_s$  é o diâmetro da caixa de saída;

$a$  é o afundamento do gasômetro.

- *Vantagens*

- Este modelo tem um custo mais barato em relação aos outros, pois a cúpula é feita alvenaria.
- O biodigestor chinês é o que ocupa menos espaço na superfície do solo.
- Como é construído completamente enterrado no solo (tanto o digestor, como o gasômetro), sofre muito pouca variação de temperatura.

- *Desvantagens*

- O sistema de comunicação entre a caixa de carga e o digestor sendo feito através de tubos, está sujeito a entupimentos.
- Tem limitação ao tipo de solo. Sua construção em solos superficiais não é indicada.
- Não é um biodigestor próprio para acúmulo de gás, devido a sua construção de cúpula fixa (a área de reserva de gás é menor). É um modelo mais indicado na produção de biofertilizante.

FIGURA 13: BIODIGESTOR CONTÍNUO MODELO CHINÊS



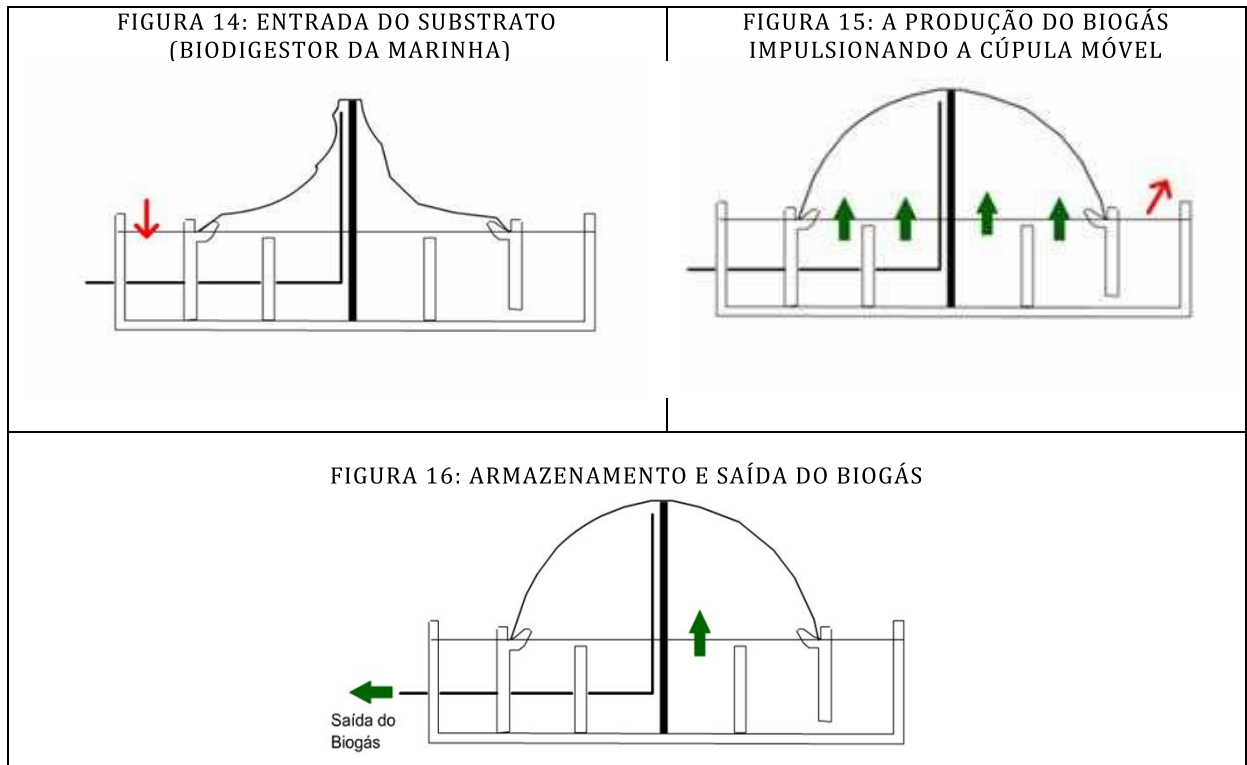
FONTE: Departamento de Eng. Rural / UNESP – Jaboticabal

### 5.5.5.3. Biodigestor da Marinha

É um modelo tipo horizontal, tem a largura maior que a profundidade, sua área de exposição ao sol é maior, com isso é maior a produção de biogás.

- *Vantagens*
  - A sua área sujeita à exposição solar é maior
  - Sua construção não exige restrições a tipo de solo
  - A comunicação da caixa de carga para o digestor, feita de alvenaria, é mais larga, evitando com isso entupimento e facilitando a manutenção.
  - A limpeza do digestor é mais fácil porque a cúpula sendo de lona de PVC é mais fácil de ser retirada
  
- *Desvantagem*
  - Neste modelo, como no indiano, temos o custo da cúpula





A caixa de carga de um biodigestor da marinha é de alvenaria, tem largura maior que profundidade (horizontal), como mostra a figura 13, expondo ao sol uma superfície maior (produz mais gás) e evitando o entupimento. Durante a produção de gás, a cúpula do biodigestor infla porque é de material plástico maleável (PVC), podendo ser retirada, como está descrito nas figuras 14 e 15. Como é menos denso que o substrato da biomassa, o biogás se acumula na cúpula do biodigestor, para posterior captação.

### 5.5.6. O biogás e sua produtividade

O biogás é um gás incolor, inodoro e altamente combustível. Constitui-se de uma mistura de gases, principalmente, metano (CH<sub>4</sub>), gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e, em menores proporções, nitrogênio e gás sulfídrico, produto da fermentação anaeróbica de material orgânico, em condições adequadas de umidade e cujo poder calorífico varia entre 5.000 e 7.000 kcal/m<sup>3</sup> de gás. Sua equivalência energética está descrita na TABELA 3 abaixo:

TABELA 3: EQUIVALÊNCIA ENERGÉTICA PARA 1 m<sup>3</sup> DE BIOGÁS

Carvão vegetal	0,8 kg
Querosene	0,62 l
Lenha	3,5 kg
GLP (butano - propano)	1,43 kg
Óleo diesel	0,55 l
kWh	0,74
Gasolina	0,61 l
Carvão mineral	0,74 kg
Álcool carburente	0,80 l
Xisto	4,0 kg

TABELA 4: MATERIAL ORGÂNICO E PRODUÇÃO DE BIOGÁS

(m<sup>3</sup>/TONELADA DE MATERIAL SECO)

MATERIAL ORGÂNICO	PRODUÇÃO DE BIOGÁS (m <sup>3</sup> /tonelada de material seco)
<b>Estrume</b>	
<b>Bovino</b>	360 – 270
<b>Babuino</b>	360 – 270
<b>Suino</b>	560 – 460
<b>Equino</b>	380 – 260
<b>Ovino</b>	350 – 250
<b>Avícola</b>	620 – 520
<b>Restos vegetais</b>	
<b>Palha de arroz</b>	300
<b>Palha de trigo</b>	300
<b>Palha de feijão</b>	380
<b>Palha de soja</b>	300
<b>Haste de linho</b>	359
<b>Restos de girassol</b>	300
<b>Folhas de parreira</b>	270
<b>Folhas de batateira</b>	270
<b>Folhas de árvore</b>	245
<b>Aguapé (seco)</b>	410 – 435
<b>Vinhoto</b>	15 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> vinhoto
<b>Lixo urbano</b>	50

# **CAPÍTULO 6**

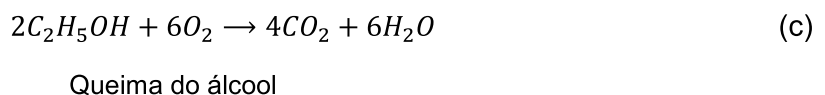
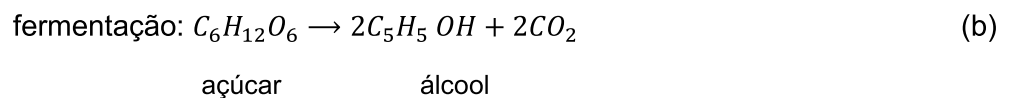
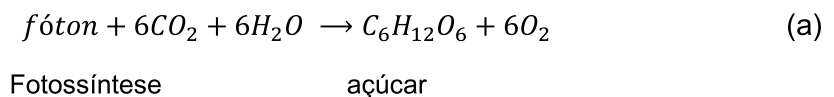
**USO DE COMBUSTÍVEIS, EFEITOS ECOLÓGICOS E COGERAÇÃO**

## 6. USO DE COMBUSTÍVEIS, EFEITOS ECOLÓGICOS E COGERAÇÃO

### 6.1. Uso de combustíveis, efeitos ecológicos

Quando se queima qualquer combustível lança-se CO<sub>2</sub> para a atmosfera ao mesmo tempo em que se consome oxigênio. Se o combustível for fóssil (petróleo, carvão, gás natural, xisto), que se extrai do subsolo onde se encontra enterrado, esse processo tem um caráter irreversível. Assim, além de consumir oxigênio, a queima de um combustível fóssil aumenta de fato a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera, quem tem grande responsabilidade no efeito estufa. Mais ainda, como o processo de queima da gasolina ou do óleo diesel em um motor, assim como o de combustão do carvão em fornalhas nunca são completos, eles inevitavelmente lançam também para a atmosfera o monóxido de carbono, um gás altamente tóxico.

Os combustíveis fósseis são, assim, os maiores responsáveis pela poluição da atmosfera. Já com a biomassa, a quantidade de CO<sub>2</sub> lançada para a atmosfera durante a queima de qualquer de seus derivados (álcool, lenha, carvão vegetal, óleo vegetal, gás etc.) é a mesma absorvida pelas plantas para fazer a fotossíntese. Assim, tomando como exemplo a cana-de-açúcar, a quantidade de CO<sub>2</sub> que ela absorve durante a sua vida é a mesma que será devolvida mais tarde para se fabricar e queimar o álcool e o bagaço, e será absorvida pela nova cana plantada em seu lugar. A quantidade de oxigênio consumida pela queima, por outro lado, é a mesma fabricada pela cana, e assim por diante, num processo cíclico, como descreve a reação abaixo:



Observando a reação, vemos que o balanço material líquido, portanto, é nulo, e a única coisa que se consome é a energia do fóton (luz) emitido pelo Sol.

Assim, enquanto houver água, gás carbônico e luz do Sol, pode-se obter energia da biomassa sem receio de modificação significativa da atmosfera. Embora a queima do álcool em um motor também não seja completa, de modo que ela lança monóxido de carbono na atmosfera, estudos indicam que suas quantidades são menores que no motor a gasolina.

## 6.2. Sistemas de cogeração da biomassa

A cogeração de energia produz simultaneamente energia térmica e mecânica a partir de uma fonte primária de energia. Como resultado, cogeração é igual à redução de custo, porque ela de fato reduz a contingência de energia.

FIGURA 17: BALANÇO ENERGÉTICO DE UM SISTEMA CONVENCIONAL



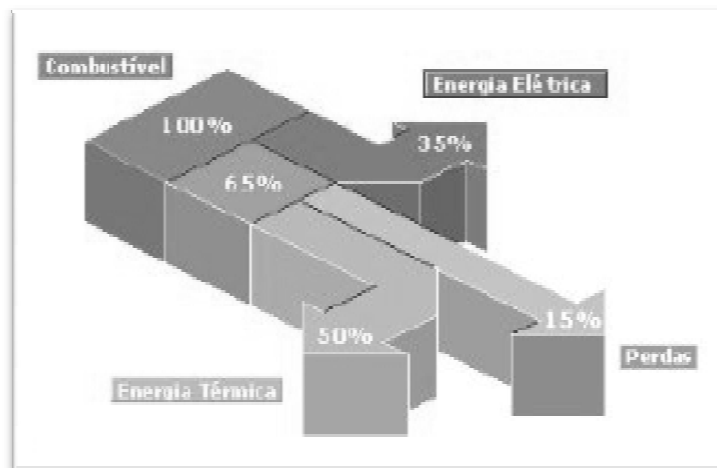
FONTE: DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Há muitas atividades industriais e comerciais que utilizam volumes enormes de energia térmica – fria e quente. A necessidade de calor é sempre maior, principalmente no ramo agrícola e nas indústrias de transformação, tais como açúcar e álcool, suco de frutas, beneficiamento de arroz e madeira, extração de óleo vegetal, papel e celulose, tingimento, cerveja, cimento, vidro, cerâmica, microfones, produtos químicos e alimentos em geral.

No entanto, a energia térmica fria (congelamento) de larga escala é utilizada na armazenagem a frio e nas indústrias de sucos. Os ajustes de temperatura são

utilizados em tecelagem e tecidos, hospitais, hotéis, shopping centers, etc. Todas estas atividades já utilizam algum tipo de energia primária para atender suas necessidades térmicas. As fontes são dos seguintes tipos de combustível: óleo, gás, bagaço de cana-de-açúcar, lascas de madeira, casca de arroz, pneus cortados, etc.

FIGURA 18: BALANÇO ENERGÉTICO DE UM SISTEMA DE COGERAÇÃO



FONTE: DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

A geração simultânea de energia elétrica e térmica oferece vantagens bastante conhecidas:

- A cogeração protege a instalação contra falhas e restrições de fornecimento de energia.
- Quando bem aplicada, reduz os custos de energia de 30 a 80%;
- O excedente da produção de energia pode se tornar um apoio adicional ao sistema elétrico, proporcionando à indústria uma nova fonte de renda.

A instalação de um sistema de cogeração proporciona rentabilidade e retorno esperado do investimento. Todavia, o tipo de atividade industrial que torna a cogeração viável deve possuir uma necessidade elétrica e térmica adequada.

Muitas características devem ser consideradas, tais como a demanda de energia da indústria, a proporção de calor-eletricidade exigida pelos processos industriais, o comportamento de entradas, a carga média, as horas diárias de funcionamento, entre outros.

### 6.3. Experiências e Perspectivas Mundiais

A capacidade de produção elétrica a partir da biomassa que estava instalada nos EUA no início dos anos 90 foi avaliada por Williams & Larso (1992) em 8,4 GW. Grande parte desse parque foi viabilizada em poucos anos em função das medidas de incentivo definidas pelo PURPA (Public Utility Regulatory Policy Act). Como comparação deve-se notar, por exemplo, que a potência instalada em 1979 era de apenas 200 MWe, da potência total, quase 6 GW correspondiam a 367 plantas de cogeração e pouco menos que 2,5 GW a 149 produtores independentes.

Esses sistemas eram fundamentalmente instalações a vapor, com porte entre 5 a 50 MWe. As eficiências termodinâmicas eram relativamente baixas – entre 18 e 26 %. Os custos de investimentos foram avaliados entre 1300 e 1500 U\$/kW e o custo da eletricidade gerada foi calculado entre 65 e 80 U\$/MWh. Quase 90% da capacidade era suprida com queima de madeira, restando 8% para sistemas que operavam com gás de aterro, 3% para rejeitos agrícolas diversos e apenas 1% para gás de biodigestão.

A Finlândia é um outro caso digno de destaque quanto ao emprego da biomassa na produção de eletricidade. É importante notar que, em termos relativos, o caso finlandês é mais relevante do que o norte americano, sendo o mais importante em todo mundo. Dois fatores devem ser considerados: a importância da biomassa na matriz energética e na própria economia; e a tradição existente em produção descentralizada, especialmente em cogeração.

Cerca de 30% de toda eletricidade gerada na Finlândia é produzida em sistemas de cogeração. A importância dos sistemas de produção é tão grande que a eficiência do uso de energia em Helsinki, por exemplo, é avaliada em 70%, mesmo considerando o consumo em sistemas de transportes. A biomassa, por sua vez, atende pouco menos de 20% do consumo global de energia no país, com participação especial no setor industrial e principalmente no segmento de papel e celulose.

A Finlândia desenvolveu tecnologia própria para a conversão eficiente da madeira, dos resíduos da produção de celulose e da turfa. Os sistemas industriais são, em geral, sistemas de cogeração a vapor com geradores adequados à queima de vários combustíveis, com a capacidade na faixa de 20 a 150 MWe.

Na Suécia e Dinamarca, o papel da biomassa na matriz energética destaca-se como combustíveis industriais. No caso sueco sabe-se que os resíduos florestais e os resíduos industriais de biomassa já contribuem de forma significativa para com a produção de eletricidade, basicamente em unidades de cogeração em fábricas de celulose e papel. A longo prazo, a biomassa pode contribuir com 25 a 40% da produção elétrica.

O governo das Filipinas optou, nos anos 80, por um programa de pequenas usinas termoelétricas – UTEs – à lenha, de forma a minimizar os problemas de abastecimento e reduzir os custos da eletrificação rural. O programa definiu como meta a construção de 3 Mwe integradas a módulos de 3300 ha de área plantada com florestas energéticas homogêneas. No início dos anos 90, aproximadamente um terço do programa já estava viabilizado.

Cabe notar que nas indústrias de celulose em todo mundo, principalmente nas que fazem extração da matéria pelo processo sulfato, existe já uma tradição na produção de eletricidade em sistemas de cogeração. O combustível utilizado é a lixívia negra, efluente do processo de digestão da madeira, que precisa ser necessariamente queimado para permitir a recuperação das soluções inorgânicas que viabilizam a obtenção da celulose.

O segmento sucro-alcooleiro também tem larga tradição na produção elétrica em sistemas de cogeração a partir do bagaço de cana. Embora tal tecnologia seja usual em todos os países produtores, as principais referências, dada a importância relativa desses sistemas em relação ao sistema elétrico do país, são Havaí e as Ilhas Maurício e Reunião. Em alguns outros países a cogeração a partir do bagaço também contribui de forma significativa para com o abastecimento global ou regional, como, por exemplo, Cuba.

Outra forma de produção de eletricidade a partir da biomassa está associada à incineração do lixo urbano com aproveitamento do calor na alimentação de um ciclo de potência a vapor. Existem instalações com tal princípio em alguns países europeus, tais como Holanda, Alemanha e França, no Japão e, em menor escala, na América do Norte. Estritamente do ponto de vista econômico a produção de eletricidade não é justificada em função do baixo poder calorífico do lixo e do alto teor de umidade. A lógica desta opção está na eliminação dos resíduos urbanos dado que as demais alternativas de controle são inviáveis do ponto de vista ambiental e / ou demográfico. Assim, a eletricidade torna-se um sub-produto do sistema de depuração do lixo.



# **CAPÍTULO 7**

**USO DA BIOMASSA E EFEITOS SOCIAIS:**

**ALIMENTO, COMBUSTÍVEL, FOME**

## 7. USO DA BIOMASSA E EFEITOS SOCIAIS: ALIMENTO, COMBUSTÍVEL, FOME

### 7.1. Índícios da crise

México, janeiro de 2007: o povo sai às ruas contra o aumento de 400% da tortilha. O prato nacional mexicano é feito com milho branco, mas o preço acompanha o do milho amarelo, valorizado pelas usinas de etanol dos EUA. Egito, março de 2008: uma multidão se acotovela em uma padaria no Cairo atrás de pães subsidiados pelo governo. Haiti, abril de 2008: protestos contra a fome resultam em cinco mortos, 50 feridos e na renúncia do primeiro-ministro Edouard Alexis. Mianmar, maio de 2008: o ciclone Nargis devasta 65% das lavouras de arroz. Indiferentes, os militares que governam o país aproveitam a alta do grão para exportar seu estoque. Todas essas histórias estão relacionadas à pior crise de preços de alimentos dos últimos 40 anos. E quem - ou o quê - seria o culpado? Para alguns especialistas, são os biocombustíveis, que estariam tomando o espaço destinado à produção de comida. Isso inclui o etanol de cana-de-açúcar brasileiro, o popular álcool. Se há dois anos o mundo todo elogiava nosso investimento nesse combustível renovável, hoje surgem críticas de organizações não-governamentais e governamentais.

Uma ácida polêmica cerca, há meses, o debate sobre os combustíveis biológicos (ou, para alguns, AGRÍCOLAS). A produção de etanol seria, como sustentam seus defensores, uma alternativa contra o aquecimento global e uma janela de oportunidade para o Brasil e outros países da América Latina? Ou estaria roubando terra de outros cultivos, inflacionando os preços dos alimentos e pressionando ecossistemas como a Amazônia, apenas para engordar os lucros das transnacionais do agronegócio? Diversos estudos propõem uma espécie de síntese entre os dois pontos de vista, ou seja, ao invés de “julgar” uma planta ou um combustível, é preciso influir sobre as RELAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS que cercam sua produção.

Para alegria dos produtores e do presidente Lula, que tem no etanol uma das suas principais bandeiras, muitos pesquisadores, empresários e políticos discordam da idéia de que o biocombustível “*rouba o alimento do prato das pessoas*”. A democrata Hillary Clinton disse durante a campanha à Presidência americana que é exemplar a iniciativa dos brasileiros de reduzir sua dependência de petróleo. Até a União Européia isentou os biocombustíveis da culpa pela alta dos alimentos, responsabilizando a demanda por comida e a subida do preço do petróleo, que afeta toda a economia.

## 7.2. Mitos e verdades sobre Biomassa X Alimentos

*"Agora inventaram que vai faltar alimento no mundo porque o biocombustível está tomando o lugar da produção de alimento. É sacanagem pura, malandragem pura de quem não tem competência de competir com o Brasil"* (Presidente Lula).

Não se pode negar que o preço dos alimentos teve um aumento. Mas por que o preço dos alimentos os preços agrícolas subiram? Abaixo, enumeramos alguns motivos que justificam esse aumento:

- Inclusão social
- Aumento da população mundial
- Subsídios agrícolas
- Especulação financeira
- Desvalorização da moeda Americana
- Problemas climáticos
- Aumento do custo da produção
- Aumento do custo dos fretes
- Demanda de outros produtos agrícolas
- Produção de biocombustíveis

No entanto, não se pode, analisando esse emaranhado de fatores, atribuir o aumento dos preços dos produtos agrícolas, única e exclusivamente, a produção dos biocombustíveis. Em uma economia globalizada, ainda regida pela economia americana, sua instabilidade também é um fator capaz de abalar e desestabilizar outros mercados. Fatores que independem do controle humano, como problemas climáticos, catástrofes localizadas em áreas de cultivo, que diminuem a oferta de produtos nessas regiões, igualmente contribuem para a elevação dos preços.

É essencial, no que diz respeito à utilização da biomassa na geração de energia, avaliar os impactos econômicos e sociais em cada região, garantindo que eles sejam justificáveis e coerentes. Assim sendo, só consideramos a viabilidade desse sistema quando a produção da energia não afeta a estabilidade social, ou seja, não reduz a oferta de alimentos e não desestabiliza a economia local, elevando a inflação.

A energia e os alimentos são necessidades básicas do homem, que se associam desde a produção até o consumo. Assim, para energia e alimentos, devemos destacar o gerenciamento de três recursos:

- Capital
- Mão-de-obra qualificada
- Terras cultiváveis

O desafio está em racionalizar os sistemas energéticos e alimentícios.

### 7.2.1. Capital e mão-de-obra

Muitos países não produzem alimentos em quantidade suficiente para as necessidades de sua população, recorrendo às importações, além do que, frequentemente os países em desenvolvimento também são importadores de energia. E, estatisticamente, o capital utilizado para importar alimentos e energia são obtidos exportando-se bens primários, que em muitos casos são produtos agrícolas como café, tabaco, banana, açúcar, soja, etc.

Um aspecto fundamental para a viabilidade econômica é o baixo custo da biomassa (efetivo ou de oportunidade) (< 1-1,5 US\$/GJ). Sendo uma alternativa viável

Analisando os diferentes pontos de vista sobre trabalho, pode-se destacar dois:

- O *INTELLECTUAL*: Karl Marx concebeu o trabalho como energia – “a força de trabalho é a energia do organismo proletário, através do qual se extrai a mais-valia e o lucro dos proprietários dos meios de produção”. Assim podemos definir o trabalho como energia que produz energia, assim como energia que produz dignidade.

- O *POÉTICO*: Gonzaguinha definiu trabalho como vida, honra... Observe o trecho abaixo:

*“Um homem se humilha  
Se castram seu sonhos  
Seu sonho é sua vida  
E vida é trabalho...  
E sem o seu trabalho  
O homem não tem honra  
E sem a sua honra*

Se morre, se mata... “

O racional aproveitamento energético da biomassa tende a promover o desenvolvimento de regiões menos favorecidas economicamente, com a criação de empregos e a geração de receita, reduzindo o problema do êxodo rural e a dependência externa de energia, em função da sua disponibilidade local. E esse talvez seja o maior ganho social que o aproveitamento para fins energéticos possa oferecer. A expectativa é o aumento na oferta de empregos em função das novas tecnologias energéticas e ambientais. Os dados mostram que a fome aumentou durante os últimos 30 anos, mesmo com incremento da produção de alimentos. Muito deixou de ser consumido, porque falta poder aquisitivo a bilhões de pessoas.

Rumo ao progresso, não se pode voltar à arcaica política do “pão e circo”. Dê ao homem trabalho e ele ganhará o seu próprio pão.

### **7.2.2. Terras cultiváveis**

A plantação de alimentos é um bom negócio. Mas a disponibilidade de terras agrícolas está relacionada à tripla pressão, pois devem produzir bens agrícolas para exportação, energia e consumo interno, dentre os quais este último é o mais fraco.

A “*plantação de energia*”, ou seja, a plantação de produtos agrícolas, não só para fins alimentares, mas pra fins energéticos, pode trazer alguns benefícios às terras cultiváveis. Ela pode estimular a aceleração das economias rurais, criar uma base variada de culturas e, uma variedade maior de culturas pode resultar na redução das perdas de solos, na melhoria da qualidade da água e dos habitats para a vida selvagem.

Assim, qual o desafio ligado às terras cultiváveis?

- Identificar os interesses
- Promover, dentro das prioridades reais de cada nação, o uso do solo de maneira a atender os múltiplos fins. Assim será possível implantar políticas agrícolas que visam aumentar a produtividade e assegurar a rentabilidade no cultivo.

Falando de Brasil, o país ainda tem espaço para aumentar sua produção, seja para nos alimentar ou nos transportar, onde descontando as áreas de conservação, reservas legais e indígenas, ainda resta a disposição 36 milhões de hectares (quase um Maranhão inteiro) para cultivo.

### **7.2.3. Os ganhos sociais associados ao cultivo da biomassa**

*“Hoje enfrentamos uma circunstância absolutamente nova, sem precedentes em toda a história humana. Quando começamos, há centenas de milhares de anos (...) éramos incapazes de provocar mudanças importantes no meio ambiente global. (...) Somos agora capazes de, intencionalmente ou inadvertidamente, alterar o meio ambiente global” (SAGAN, 1998, p. 82).*

Não é a biomassa para energia que agrava a fome, mas o modelo econômico concentrador.

Descentralizada, em pequenas propriedades, a biomassa para energia não compete contra os alimentos. Ao contrário, favorece-os. Ela produz combustíveis líquidos melhor que as plantações da monocultura e combina-se com culturas alimentares e com a pecuária. Assim, eleva a oferta de comida e economiza terras para lavouras e reflorestamento.

Reúne, pois, benefícios econômicos, sociais (ocupação de mão-de-obra), de segurança energética e ambientais. Entretanto, as atuais políticas ainda desfavorecem a produção descentralizada de biomassa, com o objetivo de se obterem ganhos fantásticos com o domínio do petróleo, do gás e do carvão, nas matrizes energéticas.

### **7.2.4. Custo X Benefícios**

O crescimento das plantas seqüestra e aproveita o CO<sub>2</sub> da atmosfera, diferentemente das florestas já formadas.

A biomassa é mais econômica que o petróleo, mas óbices políticos dificultam a produção em pequenas unidades. A estrutura concentrada faz prevalecer a monocultura, com irreparáveis danos sociais e ambientais, embora menos graves que os causados pelos combustíveis fósseis.

Só existe, por conseguinte, uma solução que atende à carência energética e contribui para aumentar a oferta de alimentos: **a transformação profunda do modelo político e econômico**, indispensável para que o Brasil e os países em desenvolvimento deixem de ser zona de saqueio, “desgovernada” por comando externo e deixe de ser “terra de ninguém”.

Há que multiplicar as iniciativas com tecnologias eficientes em pequenas propriedades e cooperativas, bem como as unidades industriais descentralizadas de etanol e de óleos vegetais. Urge também que a regulação facilite o acesso dos combustíveis da biomassa às distribuidoras e o fornecimento aos consumidores sem intermediários.

De resto, a inflação puxada pela alta desmesurada do preço do petróleo não poupará os preços dos alimentos. Já a biomassa garantiria enorme redução nos custos da energia e dos alimentos.

### **7.3. Campo de Tupi os biocombustíveis**

O álcool brasileiro é um produto da cana-de-açúcar. Como combustível para automóveis, o álcool tem a vantagem de ser uma fonte de energia renovável e menos poluidora que os derivados do petróleo, o que possibilitou o desenvolvimento de uma tecnologia 100% nacional, o PROÁLCOOL. O Proálcool é um programa nacional de substituição de petróleo por energia renovável. O álcool é também menos inflamável, menos tóxico que a gasolina e o diesel.

Mas, em época de profunda euforia, motivada pelos avanços nas tecnologias de exploração do Pré-sal, é impressionante traçar um paralelo entre as perspectivas de crescimento do etanol brasileiro e a capacidade de exploração de petróleo na nova reserva petrolífera brasileira.

Observe as equivalências entre a produção do etanol a partir da cana-de-açúcar e a extração de petróleo no Campo de Tupi.

Em uma tonelada de cana-de-açúcar pode-se retirar:

153 kg de sacarose – 608 Mcal

276 kg de bagaço – 598 Mcal

165 kg de palhada – 512 Mcal

Assim, para 1 tonelada de cana-de-açúcar pode-se produzir 1718 Mcal ou, aproximadamente, 1,7 Gcal. Um barril de petróleo produz 1,3 Gcal. Assim,

1 ton de cana-de-açúcar = 1,3 barril de petróleo

Ou seja,

650 M barris de petróleo = 500 Mt (5,8 M ha) de cana-de-açúcar

TABELA 5: CANA X CAMPO DE TUPI

ANO	M barris/ano	Acumulado	M t cana	M ha
<b>2008</b>	325	325	249	2,49
<b>2010</b>	345	1005	264	2,53
<b>2012</b>	366	1725	280	2,58
<b>2014</b>	388	2490	297	2,64
<b>2016</b>	412	3302	315	2,69
<b>2018</b>	437	4163	334	2,74
<b>2020</b>	463	5076	354	2,79
<b>2022</b>	492	6045	376	2,85
<b>2024</b>	522	7073	399	2,91
<b>2028</b>	553	8163	423	2,96
<b>2028</b>	587	9320	449	3,02

FONTE: EMBRAPA SOJA



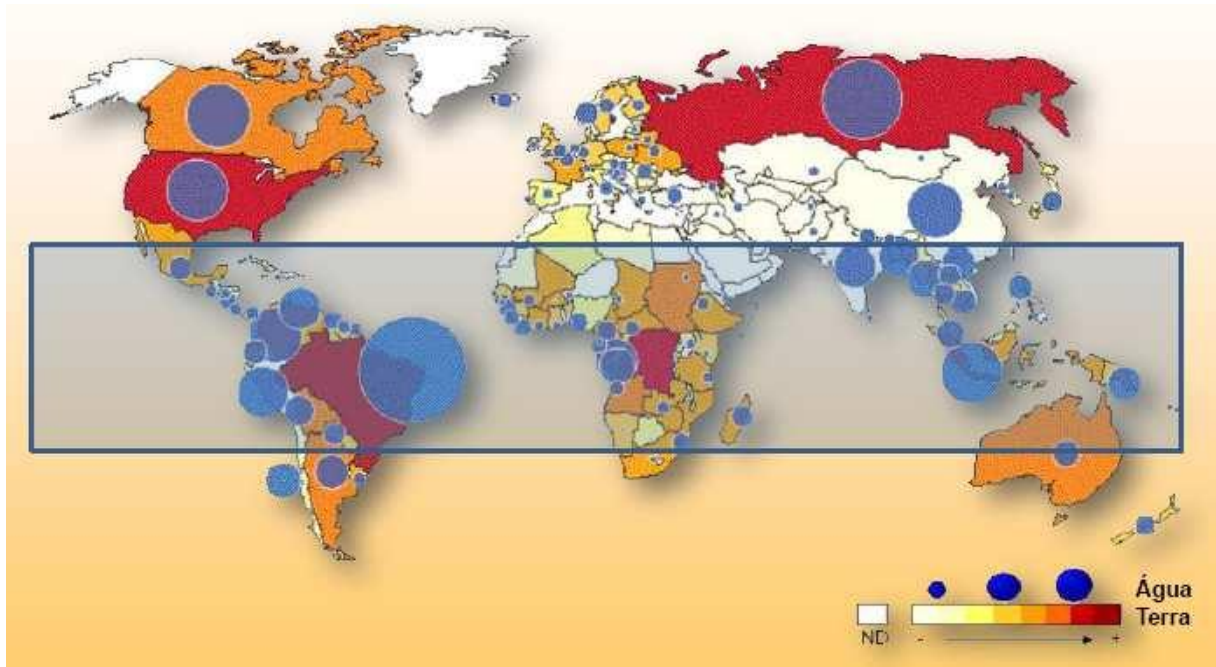
# **CAPÍTULO 8**

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

***BIOMASS SOCIETY***

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS: *biomass society*

FIGURA 19: DISPONIBILIDADE DE BIOMASSA NO MUNDO



A vantagem ambiental da biomassa em relação ao petróleo, como já foi citada anteriormente, é conhecida. Tanto álcool quanto gasolina geram gás carbônico em sua queima. Mas as plantas das quais se extrai o combustível vegetal compensam tal efeito (com folgas, no caso da cana), porque respiram ("seqüestram") CO<sub>2</sub> durante toda sua vida, no processo de fotossíntese.

A Biomassa não pode ser adotada como única solução para a ampla diversidade de situações dos sistemas energéticos, mas seguramente é uma importante alternativa a ser considerada. Avaliando as novas perspectivas para a expansão das bioenergias no marco das fontes renováveis, estima-se que a biomassa produzida de maneira sustentável e com modernas tecnologias de transformação poderá fornecer aproximadamente 17% da eletricidade e 38% do consumo direto de combustíveis no mundo em 2050.

Embora venha ocorrendo uma diminuição no uso da lenha, o que é fundamental na luta contra o desmatamento, essa redução vem sendo compensada pela expansão dos usos modernos da biomassa. Esse cenário se observa, não só no Brasil, mas em outros países, embora o Brasil represente um dos casos de maior resultado no aproveitamento moderno da biomassa, visto que possui um curto ciclo da cana-de-açúcar ou um longo ciclo para

recursos florestais. Essa é a *biomass societ*. Esse termo foi utilizado por ROSILLO-CALLE (1987) para caracterizar a alternativa para o desenvolvimento sustentável.

No entanto, não se pode esquecer a necessidade de conciliação da oferta energética ambiental para atender, de forma igualmente sustentável e em larga escala as necessidades de alimento e energia dos países. A disputa entre combustível e comida vai muito além do universo energético. Por isso destacamos, dentre outras, três ganhos sociais expressivos, que nos fazem considerar a utilização da biomassa para fins energéticos, colocando por terra os argumentos de ser ela a responsável pela fome global:

- A emergência da biomassa está ajudando a reverter a queda livre dos preços de matérias-primas agrícolas. Provocado, entre outros fatores, pelos subsídios concedidos pelos EUA e Europa a suas exportações, o declínio estendeu-se por três décadas (1970-2000) e arruinou agricultores em todo o Sul do planeta. Se for anulado, permitirá revitalizar a agricultura familiar.

- Os combustíveis vegetais podem livrar dezenas de países pobres da dependência penosa do petróleo. Entre as 47 nações mais empobrecidas do planeta, 38 são importadoras do produto e 25 compram todo o óleo que consomem. A alta dos preços internacionais do produto ameaça quebrá-las. Isso será evitado se puderem comprar de seus próprios agricultores, em moeda local, a energia que hoje importam (com dólares ou euros muito escassos) de mega-empresas.

- Além disso, muitos países do Sul, que possuem terras e força de trabalho ociosas, poderiam ter na biomassa uma fonte de ocupação e de divisas.

Esses fatores não podem ser desconsiderados. Pelo contrário, a modernização dessa fonte do passado, aliada ao gerenciamento racional dos recursos, juntamente com o melhoramento das políticas públicas pode transformar a biomassa numa forte aliada da parcela do crescimento econômico dependente das fontes energéticas.

**REFERÊNCIAS**  
**BIBLIOGRÁFICAS**

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Goldemberg, J. *DOSSIÊ RECURSOS NATURAIS - Energia e desenvolvimento*.
2. Leite, A. D. *A ENERGIA DO BRASIL*. Rio de Janeiro: Elsevier. (2007). 658p
3. Nogueira, L. A. *Dendroenergia; Fundamentos e Aplicações*. Brasília: ANEEL. (2000). 144p.
4. Vasconcelos, G. F. *Biomassa: a eterna energia do futuro* . São Paulo: SENAC. (2001). 142p.
5. VILLANUEVA, J. e. *ENERGIA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO*. EDUSP. (2003). 227p.
  
6. <http://www.knoow.net/ciencterravida/geografia/biomassa.htm>
7. <http://oglobo.globo.com/economia>
8. <http://www.acores.com>
9. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Biomassa>
10. Ministério da Ciência e tecnologia  
<http://www.mct.gov.br>
11. <http://infoener.iee.usp.br/cenbio/biomassa.htm>
12. <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/energia>
13. CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa  
<http://cenbio.iee.usp.br>
14. [www.eletropaulo.com.br](http://www.eletropaulo.com.br)