

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA – UNIVEM
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO EM GESTÃO EMPRESARIAL

**ANTONIO BATISTA DOS SANTOS JUNIOR
DANIELA RIBEIRO DOS SANTOS
FERNANDO DE LIMA COLOMBO**

**A COGERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DA QUEIMA DO BAGAÇO
DE CANA-DE-AÇÚCAR**

MARÍLIA
2008

ANTONIO BATISTA DOS SANTOS JUNIOR
DANIELA RIBEIRO DOS SANTOS
FERNANDO DE LIMA COLOMBO

A COGERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DA QUEIMA DO BAGAÇO DE
CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de Curso apresentado ao Curso de Administração em Gestão Empresarial da Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Administração.

Orientador: Elton Aquinori Yokomizo

MARÍLIA
2008



FUNDAÇÃO DE ENSINO "EURÍPIDES SOARES DA ROCHA"

Mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM

Cursos: Administração de Empresas, Análise de Sistemas, Comércio Exterior, Marketing.

Fernando de Lima Colombo - 34205-1

Daniela Ribeiro dos Santos - 35683-2

Antonio Batista do Santos Júnior - 34358-7

TÍTULO "A COGERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DA QUEIMA DO BAGAÇO DA
CANA-DE-AÇÚCAR "

Banca examinadora do Trabalho de Curso apresentada ao Programa de Graduação em Administração de Empresas da UNIVEM, F.E.E.S.R, para obtenção do Título de Bacharel em Administração de Empresas.

Nota: _____

0,5

ORIENTADOR: _____

Elton Aquinori Yokomizo

1º EXAMINADOR: _____

Marisa Rossinholi

2º EXAMINADOR: _____

Eduardo Rino

Marília, 20 de novembro de 2008.

A Deus...

Aos nossos pais e amigos, pelos incentivos.

Aos professores, pela oportunidade.

A todos que apoiaram a nossa graduação e torceram para eu esse momento chegasse.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradecemos a Deus.

Agradecemos ao professor e orientador
Elton Aquinoro Yokomizo por
disponibilizar a visita à usina Equipav e
pelos incentivos na realização do
trabalho.

Ao professor José Leite, pelas
informações sobre a metodologia do
trabalho.

Aos amigos Carla Sabrina, Elaine Cristina
e Rodrigo Moreira, pela paciência e
contribuição para a realização do
trabalho.

JUNIOR, Antonio Batista dos Santos; SANTOS, Daniela Ribeiro dos; COLOMBO, Fernando de Lima. **A cogeração de energia através da queima do bagaço de cana-de-açúcar**. 2008. 56 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Administração) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2008.

RESUMO

O presente Trabalho de Curso tem como objeto de estudo “A cogeração de energia através da queima do bagaço de cana-de-açúcar”, ou seja, a produção simultânea de energia térmica e elétrica a partir de uma biomassa. O bagaço, que era considerado um passivo ambiental para as usinas sucroalcooleiras, tornou-se um subproduto rentável e lucrativo. A atual preocupação e a repercussão da sociedade sobre processos e manufaturas sustentáveis, torna o tema extremamente relevante, pois a cogeração de energia através de biomassa é um processo auto-sustentável, baseado em um ciclo que se renova e não agride o meio-ambiente durante toda a etapa de transformação, além de contribuir para a crise energética do Brasil, pois fornece mais uma fonte energética perene, com a vantagem de que o pico da safra da cana é em período de seca, que coincide com a época de baixa produção das hidroelétricas. O objetivo deste trabalho é aprofundar o assunto e divulgá-lo a partir do exemplo da Grupo Equipav S/A, que é pioneira no Brasil na cogeração de energia através do bagaço de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Biomassa. Cogeração. Bagaço de cana-de-açúcar.

JUNIOR, Antonio Batista dos Santos; SANTOS, Daniela Ribeiro dos; COLOMBO, Fernando de Lima. **A cogeração de energia através da queima do bagaço de cana-de-açúcar**. 2008. 56 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Administração) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2008.

ABSTRACT

The present Course's Work has as object of study “The cogeneration of energy through the sugar-cane bagasse burnig”, that means the simultaneous production of thermal and electrical energy parting from the sugar-cane bagasse. The bagasse, which was considered an environmental passive to the sugar-alcohol plants, has been became a sub-product profitable and lucrative. The currency worrying and the repercussion from society on the sustainable processes and manufactures, gets the theme extremely relevant, because the cogeneration of energy through the sugar biomass is an auto-sustainable process, based on a cycle that can be renewed and does not aggress the environment during the transformation stage, besides, contribute to the energetic crisis in Brazil, because it supplies one more perennial energetic fountain, with the vantage that the sugar-cane harvest summit top is in a dry period, which coincides with a low hydroelectric-production epoch. The objective of this work is to deepen the subject and divulge parting from the “Equipav Group A/S” example, which is the pioneer in Brazil on cogeneration of energy through the sugar-cane bagasse.

Keywords: Biomass. Cogeneration. Sugar-cane bagasse.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Etapas do processo de uma Usina Eólica.....	18
Figura 2. Etapas do processo de uma Usina Termoelétrica.....	19
Figura 3. Etapas do processo de uma Usina Nuclear.....	19
Figura 4. Etapas do processo de uma Usina Hidroelétrica.....	20
Figura 5. Expansão das Usinas a partir do Pró-Álcool.....	25
Figura 6. Central de Cogeração.....	29
Figura 7. Comparativo - Tecnologias Convencionais e Cogeração.....	30
Figura 8. Mapa da Produção.....	38
Figura 9. Turbina Geradora.....	44
Figura 10. Fluxograma de Cogeração.....	46

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Dados anuais do Grupo Equipav	42
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Matriz Energética Primária Brasileira.....	22
Gráfico 2. Prazo para a eliminação da queima da palha da cana no estado de São Paulo.....	39

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
CAPÍTULO 1. ENERGIA.....	13
1.1 Importância da Energia no Mundo, seu Histórico.....	13
1.2 A História da Energia no Brasil.....	14
1.2.1 A Evolução Energética no Brasil.....	16
1.3 Dados do Consumo no Brasil.....	17
1.4 Principais Usinas do Brasil.....	18
1.5 Matrizes Energéticas do Brasil.....	21
1.6 Pró-Álcool	23
1.6.1 Produção de Etanol no Mundo.....	27
1.6.2 Aspectos Econômicos.....	28
CAPÍTULO 2. COGERAÇÃO.....	29
2.1 Biomassa.....	31
2.1.1 A Biomassa na Cogeração de Energia.....	32
CAPÍTULO 3. IMPACTOS AMBIENTAIS.....	35
3.1 Fontes Renováveis.....	35
3.2 Protocolo de Kyoto.....	36
3.2.1 Crédito de Carbono.....	36
CAPÍTULO 4. O SETOR SUCROALCOLEIRO E A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA-COM BASE NA EQUIPAV.....	38
4.1 Produção de Cana-de-Açúcar.....	38
4.2 Grupo Equipav.....	40
4.2.1 O Processo de Cogeração na Equipav.....	43
CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS.....	48
APÊNDICE.....	50
ANEXO.....	55

INTRODUÇÃO

A energia que movimenta o mundo tem sido tema de grandes discussões e principalmente de preocupação mundial, a energia é essencial para a sobrevivência da indústria, o transporte, o comércio e a econômica.

O uso abusivo e desnecessário, as perdas durante o processo de transformação e a escassez de recursos para geração de energia são os principais fatores de preocupação e motivo de muitas pesquisas que visam alternativas para esse problema.

Dentro desse cenário destaca-se energia gerada através de recursos sustentáveis, ou seja, um processo limpo sem degradação do meio ambiente e com um resultado eficaz para o abastecimento energético.

A partir dessa preocupação este trabalho tem com objetivo identificar e desenvolver mais o tema visando a conscientização do leitor, mostrar a importância da energia e de diversificar as fontes energéticas evitando dependências por fontes finitas.

A preocupação com o meio ambiente tem rendido para as organizações lucros, isso porque a sociedade tem incentivado o uso correto de matérias-primas e fins ecologicamente corretos de resíduos não utilizados durante a manufatura.

Um país como o Brasil com um sistema hídrico extenso, vive em sistema de racionamento energético que afeta a todos os níveis sociais, um exemplo dessa afirmação é o horário de verão que o governo impõe como medida provisória para economizar energia elétrica.

Recentes pesquisas demonstram que o setor sucroalcooleiro é considerado uma alternativa viável para complementar a geração de energia que o país necessita.

O bagaço de cana, até alguns anos, era um problema ambiental, mas passou a ser fonte de renda para as usinas, porém esse processo necessita de um alto investimento financeiro, apesar de ser uma energia limpa e sustentável, sua geração é cara, devido à estrutura que esse processo requer. Outra vantagem é a posição geográfica das usinas de cana-de-açúcar e o período de pico, são pontos positivos que reforçam a viabilidade dos investimentos na cogeração.

As usinas estão localizadas nas áreas de maior consumo de energia do país e o período de safra da cana coincide com a seca (maio a novembro), o que poderia ajudar a poupar os reservatórios das hidrelétricas.

Em tempos de crise, o homem se vê obrigado a buscar soluções para atender o consumo energético, uso alternativo de fontes renováveis e sustentáveis, além da conscientização das pessoas para o consumo de energia racional.

Tendo em vista esse cenário, aprofundar os conhecimentos na cogeração de energia, uma das alternativas eficaz no Brasil, o uso do bagaço de cana-de-açúcar pelo setor sucroalcooleiro tem evoluindo economicamente nos últimos anos.

Devido ao objetivo geral de nosso trabalho, utilizamos uma pesquisa exploratória, e no que diz respeito aos procedimentos técnicos foi realizada uma pesquisa bibliográfica combinada com pesquisa de campo empírica.

Os dados foram coletados através de livros, pesquisas na Internet, visita técnica e entrevista com técnico do setor de produção da empresa Equipav, onde foram respondidas questões previamente elaboradas de aspectos técnicos, tais como: a capacidade de produção da empresa, seu consumo de matéria-prima, volume de álcool e açúcar produzido por ano, dentre outras.

O trabalho encontra-se dividido em capítulos, os quais vêm trazendo uma linha de raciocínio com base em informações que compravam a defesa do tema, segundo sua pertinência.

CAPÍTULO 1. ENERGIA

Com a revisão bibliográfica do assunto em questão, iremos abordar desde a importância da energia, história da energia no Brasil, matriz energética, o consumo brasileiro de energia, o Proálcool e a preocupação da sociedade com o meio ambiente.

1.1 Importância da Energia no Mundo, seu Histórico

De acordo com o FERREIRA (1999), a energia é propriedade de um sistema que permite realizar algum trabalho. Tudo que conhecemos depende de energia, ela pode ser encontrada de várias formas: calorífica, cinética, elétrica, eletromagnética, mecânica, potencial, química, radiante, etc.

A história da energia é tão antiga quanto da humanidade, a primeira energia que se têm dados é a utilizada pelo homem com seus próprios corpos na luta pela sobrevivência, na pré-história os homens das cavernas descobriram como fazer e a funcionalidade do fogo para cozinhar alimentos e proteger do frio.

Logo após, o homem começa a utilizar a energia animal para trabalhos mais pesados, como arar a terra, girar moendas e transportar cargas. A energia eólica foi importante para o desenvolvimento da humanidade, através dela os navegadores europeus fizeram grandes descobertas, com as caravelas movidas pela força do vento navegaram pelos mares, descobrindo e colonizando novos continentes. A energia eólica também era utilizada para transformação dos produtos primários através dos moinhos de vento, um dos primeiros processos industriais desenvolvidos pelo homem.

O grande marco da utilização da energia pelo homem foi no século XVIII com a invenção da máquina a vapor, conseqüentemente dando início a Revolução Industrial na Europa, marcando a etapa da história com os tempos modernos, onde começou as grandes invenções: a Locomotiva e os teares mecânicos, depois a máquinas a vapor foram utilizadas para mover navios, o que impulsionou o desenvolvimento do comércio pelo mundo.

Na metade do século XIX começa a utilização de outras fontes de energia conhecida como petróleo e eletricidade, que foram as responsáveis pelo grande salto no desenvolvimento da humanidade, proporcionando a possibilidade de ultrapassar fronteiras e dando todo conforto que disponibilizamos.

O homem é o único ser vivo que utiliza mais energia do que precisa, estamos o tempo todo trocando energia com o meio ambiente, seja fornecendo a energia de nossos corpos, ou seja, recebendo energia dos outros seres vivos ou de outras fontes, como o fogo, a eletricidade, o vento entre outras.

Tão importante quanto à definição do que seja energia, é a conscientização que a energia existe em grande quantidade no universo e que ela não aumenta nem diminui, mas passa por inúmeras transformações, sendo uma hora energia de um tipo e outra hora de outro, o homem com a sua inteligência consegue transformá-las de acordo com sua necessidade e interesses.

A energia faz-se importante à medida que o homem busca desenvolver qualquer atividade que lhe proporcione mais do que apenas viver, essa energia a mais é necessário para compensar a ineficiência do corpo humano para desenvolver certas tarefas. Dessa forma, é impossível que um homem usasse apenas sua força corporal consiga içar 5 ou 6 toneladas, por exemplo, porém esse mesmo homem munido de um guindaste e usando seus muito Joules de força, pode mover esse peso sem qualquer problema.

Assim, torna-se explícita a importância da energia no mundo à medida que o mesmo evolui. A máquina humana torna-se menos apta a suprir as demandas apenas com a energia produzida pelo seu corpo e para completar essa lacuna deixada entre o que o homem pode ofertar e a quantidade demandada, esse mesmo homem faz uso de equipamentos para atender todas as necessidades e anseios de todos os homens.

1.2 A História da Energia no Brasil¹

O uso da energia elétrica no Brasil ocorreu na mesma época da Europa e Estados Unidos, logo após a invenção do Dínamo, uma máquina rotativa que converte energia mecânica em elétrica e a lâmpada elétrica, isso por volta de 1879.

Os principais eventos relacionados são:

1879 - Iluminação de estrada de ferro D. Pedro II.

1881 - Iluminação da praça XV e praça da república.

1883 - Primeiro serviço público de iluminação elétrica do Brasil e da América do Sul.

1885 - Primeiro serviço de iluminação de São Paulo.

¹ O item 1.2 foi elaborado com base no dados da ENERSUL (Empresa Energética do Mato Grosso do Sul,1998)

1887 - Entrada em operação da usina termoeletrica da Fiat Lux.

1889 - Entrada em operação da usina Marmelos Zero a primeira hidrelétrica de grande porte no país.

1899 - Criação da São Paulo Light entrada do capital, entrada do capital estrangeiro no setor.

1905 - Criação do Rio Light do mesmo grupo financeiro da São Paulo Light.

1907 - Entradas em operação da usina são de fontes do Rio Light, a maior do mundo na época.

1927 - Início das atividades do grupo americano AMFORP (American & Foreign Power Co.).

1934 - Promulgação do código de águas, atribuindo a união competência exclusiva, como poder concedente, para os aproveitamentos hidrelétricos destinados ao serviço público.

1943 - Início da criação das diversas estaduais e federais: Ceee-Rgs (Companhia Estadual de Energia Elétrica-Rio Grande do Sul), Chesf (Companhia Hidro Elétrica do São Francisco), Cemig (Companhia Energética de Minas Gerais), Copel (Companhia Paranaense de Energia), Celesc (Centrais Elétricas de Santa Catarina), Celg (Companhia Energética de Goiás), Cemat (Centrais Elétricas Matogrossenses S.A), Escelsa (Espírito Santo Centrais Elétricas S.A.), Furnas (Furnas Centrais Elétricas S.A.), Cemar (Companhia Energética do Maranhão), Coelba (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia), Ceal (Companhia Energética de Alagoas), Energipe (Empresa Energética de Sergipe), e outras.

1960 - Criação do Ministério das Minas e Energia.

1961 - Criação da Eletrobrás constituída em 1962.

1963 - Entrada em operação da usina de Furnas que permitiu a interligação dos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo.

1964 - Aquisição das empresas do grupo AMFORP.

1968 - Constituição do comitê coordenador de operação interligada.

1973 - Criação dos grupos coordenadores de operação interligada.

1979 - Compra da Light-Serviços de eletricidade pelo Governo Federal.

1982 - Criação do GCPS (Grupo coordenador de planejamento dos sistemas elétricos).

1984 - Entrada em operação da usina de Itaipu maior hidrelétrica do mundo - conclusão do sistema interligado Norte e Nordeste.

1985 - Criação do PROCEL (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica).

1986 - Entrada em operação do sistema interligado Sul, sistema interligado Sul - Sudeste.

1995- Venda da ESCELSA e Light-Rio para a iniciativa privada.

1.2.1 A Evolução Energética no Brasil

A primeira indústria produtora de energia no Brasil foi à usina termelétrica instalada em Campos, em 1883, com potência de 52 kW. Uma pequena usina hidrelétrica em Juiz de Fora, já era explorada desde 1889. Em 1920, cerca de 300 empresas serviam a 431 localidades do país, com capacidade instalada de 354.980 kW, sendo 276.100kW em usinas hidrelétricas e 78.880 kW em usinas termelétricas.

Em 1939, o número de empresas aumentaram para 1.176, às quais pertenciam 738 hidrelétricas, 637 termelétricas e 15 usinas mistas. Produzindo um total de 1.044.738 kW, as hidrelétricas detinham 85% da capacidade instalada, ou seja, 884.570 kW. Nessa época não havia instalação para transmissão de energia a grandes distâncias.

As usinas de Cubatão, da ilha dos Pombos e a de Ribeirão das Lajes, pertencentes à Brazilian Traction Light & Power Co., com sede no Canadá, atendia os estados do Rio de Janeiro e parcialmente São Paulo. As usinas instaladas em Natal, Recife, Maceió, Salvador, Vitória, Niterói, Petrópolis, Belo Horizonte, assim como algumas outras de São Paulo, Curitiba, Porto Alegre e Pelotas, adquiridas pela AMFORP, com sede nos Estados Unidos, atendiam ao consumo de parte do Sul, Centro e Nordeste. Os dois grupos - o Canadense e o Norte-Americano - reuniam mais de 70% da capacidade instalada no país (652.000 kW do grupo Light e 157.000 kW do grupo AMFORP).

Com uma nova política de expansão das indústrias de eletricidade, com apoio da iniciativa estatal, foi implantada em 15 de março de 1948 a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (Chesf), uma empresa de economia mista, com papel pioneiro no setor de energia elétrica. Logo seguiu outras várias empresas, cada uma em um estado: a Cemig, em Minas Gerais, a Uselpa (Usinas Elétricas do Paranapanema S/A) e a Cherp (Companhia Hidrelétrica do Rio Pardo), incorporadas depois na Cesp (Centrais Elétricas de São Paulo), em São Paulo, a Copel, no Paraná, Furnas na região Centro-Sul etc.

Outro passo importante no programa de expansão da indústria de eletricidade no Brasil foi dado pela Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.), criada através da lei nº 3890-A, de 25 de abril de 1961, com instalação em junho de 1962.

O Ministério de Minas e Energia é o responsável pela execução da política de energia elétrica do país, como uma empresa majoritária de quatro subsidiárias de âmbito regional: a Eletronorte (Centrais Elétricas do Norte S.A.) na região Norte; Chesf (Companhias Hidrelétricas do São Francisco S.A.) na região Nordeste; Furnas na região Sul. Em janeiro de 1978, a Eletrobrás adquiriu o controle acionário do grupo Light, pagando US\$ 380 milhões.

Em 1968, a Eletrobrás celebrou um convênio com a Comissão Nacional de Energia Nuclear para a construção da primeira usina nuclear no Brasil, Itaorna, Angra dos Reis – Rio de Janeiro, com a capacidade de 627 MW. O acordo nuclear com R.F.A, em 1975, formulou novas e ambiciosas metas do Brasil, no setor, estimuladas pela crise mundial do petróleo.

Em 1995, estimava-se o potencial hidrelétrico brasileiro em mais de 250 mil MW e a produção cerca de 55.512 MW de energia elétrica. Desse total, 50.687 MW (91,3%) eram obtidos em usinas hidrelétricas e 4.825 MW (8,7%) em termelétricas.

1.3 Dados do Consumo no Brasil²

Conforme dados de 30 de junho de 2008, o consumo de energia elétrica do Brasil cresceu 4,1% nos últimos doze meses, em relação ao mesmo período anterior, segundo os valores preliminares de carga de energia do Sistema Interligado Nacional (SIN) e divulgado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

O consumo em junho expandiu 0,9% em relação a maio. Quando comparado com junho do ano passado, a alta do consumo chegou a 5,6%, em junho de 2008.

Segundo o boletim Evolução da Carga no Sistema Interligado Nacional e Subsistemas, elaborado pelo ONS, o crescimento da demanda externa está sendo puxado pelo aumento da renda e pela expansão do crédito, além do incremento da produção voltada para a exportação.

A região Sul do país foi o que apresentou o maior aumento de consumo, no resultado de junho deste ano, com expansão de 6,2%, em relação a junho do ano passado, e de 4% no acumulado dos últimos doze meses.

Os valores preliminares de carga de energia verificados em junho no Subsistema Sul sinalizam uma variação positiva de 3,4% em comparação a maio – resultado bem superior ao da média nacional na mesma base de comparação: apenas 0,9%.

² O item 1.3 foi elaborado com base nos dados da EPE (Empresa de Pesquisa Energética, 2008)

O resultado acumulado nos últimos doze meses foi puxado pelo Subsistema Nordeste, com elevação de consumo de 4,3%, para uma média nacional de 4,1%.

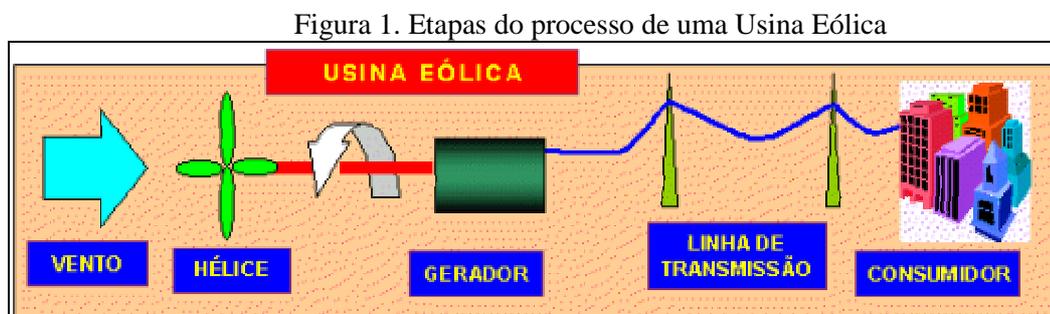
No Subsistema Sudeste-Centro-Oeste, os valores preliminares apontam uma variação positiva de 1,4% em relação a maio; mas em compensação de 5,9% sobre junho do ano passado. No acumulado dos últimos doze meses a alta foi de 4%.

Os dados do Subsistema Norte indicam variação negativa de 0,3%, entre maio e junho – a única queda entre os quatro existentes. Com relação a junho de 2007, porém, há crescimento da demanda por energia de 5% na região.

1.4 Principais Usinas do Brasil³

As Usinas Eólicas aproveitam a força da velocidade dos ventos para gerar eletricidade. São grandes hélices instaladas em altas torres ou em locais altos. Esses locais devem ser privilegiados do ponto de vista de ventos.

No dia em que não tiver vento não é possível a geração de energia elétrica. A grande vantagem da usina eólica é que não existe nenhum tipo de poluição.



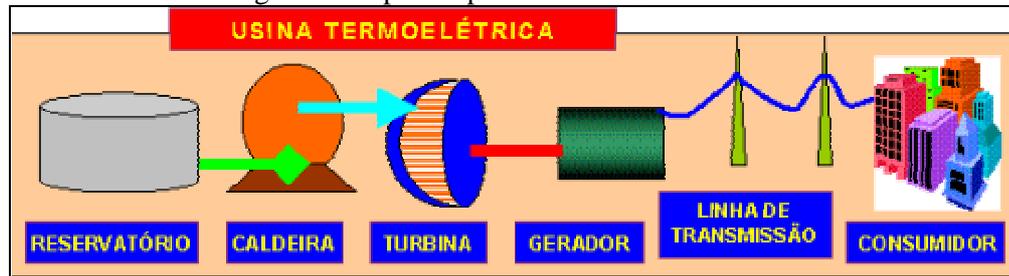
Fonte: WATANAB, 2005

A energia elétrica é produzida por um gerador, na casa de força, o gerador possui um eixo que é movido por uma enorme hélice que é movida pela velocidade do vento.

As Usinas Termo-Elétricas, mais conhecidas como Usinas Térmicas são as utilizadas no mundo todo, pela sua versatilidade. São de construção simples e rápida, podem ser instaladas junto aos centros de consumo e dispensam linhas de transmissão de longo percurso.

³ O item 1.4 foi baseado no artigo de WATANAB, Roberto Massaru. 2005

Figura 2. Etapas do processo de uma Usina Termoelétrica

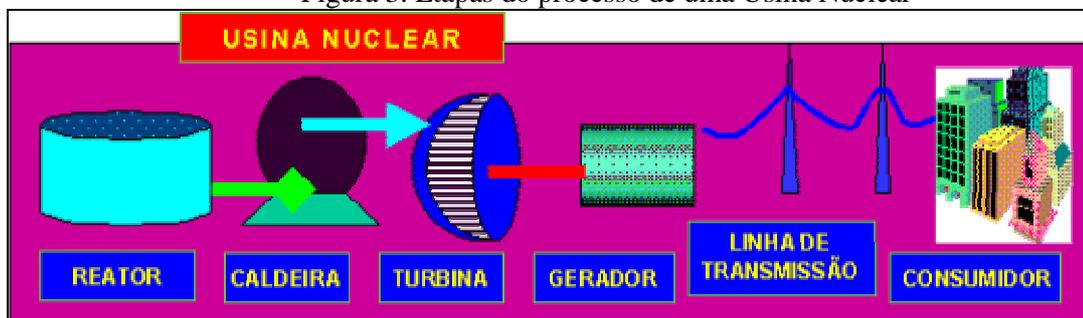


Fonte: WATANAB, 2005

A energia elétrica é produzida por um gerador, que possui um eixo que é movido por uma turbina, que por sua vez é movida por um jato de vapor sob forte pressão, depois do uso, o vapor é jogado fora na atmosfera. Ele é produzido por uma caldeira que é aquecida com a queima de óleo combustível que polui o meio ambiente.

As Usinas Nucleares foi o resultado de uma precipitação da ciência. Lançadas como a solução definitiva da fonte de energia, demonstraram depois que trazem mais malefícios do que vantagens.

Figura 3. Etapas do processo de uma Usina Nuclear



Fonte: WATANAB, 2005

A energia elétrica é produzida por um gerador, que possui um eixo que é movido por uma turbina, que por sua vez é movida por um jato de vapor sob forte pressão, depois do uso, o vapor é jogado fora na atmosfera. O vapor é produzido por uma caldeira aquecida com a fissão nuclear. O resíduo da reação vai poluir o meio ambiente durante 150.000 anos.

O Brasil possui três reatores nucleares, fabricado para uma tecnologia que não deu certo em lugar nenhum do mundo. O de ANGRA 1 é mais conhecido como Usina Vaga Lume, o ANGRA 2 ainda está sendo construído e o reator de ANGRA 3, comprado dos alemães, ainda se encontra armazenado na Alemanha, no porto de Hamburgo, em galpão climatizado para não enferrujar.

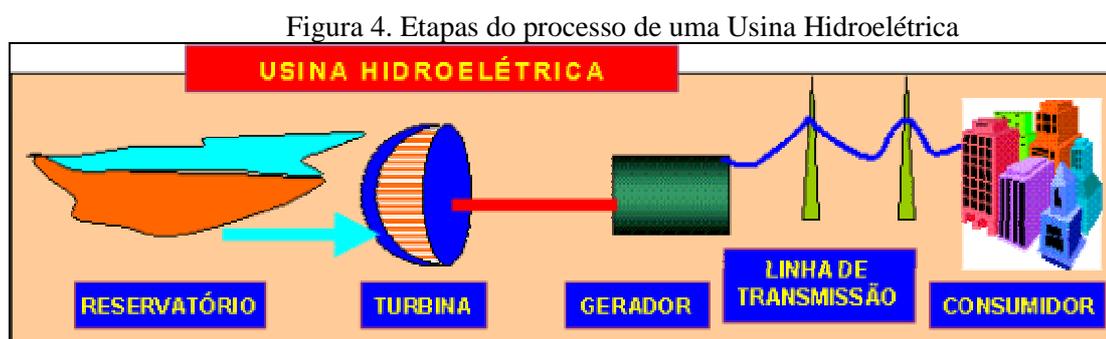
As Usinas hidroelétricas são constituídas de 2 partes. Uma onde fica o gerador e que é encarregado de produção da energia elétrica. Outra onde fica a turbina e que é movida pela água.

O custo de produção do kilowatt é o menor do que todas as outras formas de produção de energia elétrica, ou seja, a matéria prima é a água proveniente da chuva.

Outra grande vantagem, além do custo, é que não existe nenhum tipo de poluição. No cenário mundial, o Brasil ocupa uma posição privilegiada, sendo o único país do mundo que domina a tecnologia de produção de energia hidroelétrica e reuni condições geo-climáticas para a instalação de Usinas Hidráulicas.

De toda energia elétrica produzida na Brasil, quase 97% é produzida em usinas hidráulicas. De todas as formas de produção de energia, a energia hidroelétrica é a mais limpa, não polui o ar e é ecologicamente correta.

De todas as formas de produção de energia em grande escala, a hidroelétrica é a única totalmente renovável e que não produz nenhuma poluição atmosférica.



Fonte: WATANAB, 2005

As usinas hidroelétricas são constituídas de 2 partes, uma hidráulica onde se armazena água para os períodos de estiagem (períodos sem chuva) e outra elétrica onde se produz a eletricidade.

A energia elétrica é produzida por um gerador, na casa de força, o gerador possui um eixo que é movido por uma turbina que é movida por um jato de água. Depois do uso, a água continua o seu percurso rio abaixo. A água fica armazenada em um reservatório para ser usada nos períodos de estiagem. Quando o reservatório já está cheio, o excesso de água é jogado fora através do vertedouro.

Um dos efeitos colaterais da construção de uma usina hidroelétrica é a regularização da vazão do rio. Isto quer dizer que o rio passa a ter água o ano todo e nas épocas de chuva não provoca inundações e enchentes.

Para poder dispor de água (matéria prima da usina hidroelétrica) mesmo nos períodos de estiagem (meses secos entre maio e novembro), é construído um reservatório de acumulação onde a água do verão (meses com muita água) é guardada até a chegada do inverno.

O reservatório propicia a preservação da fauna e da flora. Nos meses de estiagem é muito comum alguns rios ficarem secos, destruindo totalmente a sua fauna e flora. Proporciona também o desenvolvimento da piscicultura garantindo a sobrevivência dos profissionais da pesca. Por fim, o reservatório é um ótimo local para o lazer.

O tamanho do reservatório é calculado de forma muito criteriosa (os estudos levam em consideração 10.000 anos de chuvas) para que mesmo nos períodos de grande estiagem o reservatório não chegue à capacidade mínima.

1.5 Matrizes Energéticas do Brasil

Segundo OTAVIO, (2007) a matriz energética do Brasil, atualmente, é o petróleo com 43,1% e o óleo diesel a matriz dos combustíveis líquidos com 57,9%, havendo destes, 10% de dependência externa. A energia gerada pelo petróleo é a Térmica, normalmente encontrada através da queima dos combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo: a gasolina, óleo diesel e o querosene. Esse tipo de energia é utilizado para aquecimento, cozinhar alimentos e gerar eletricidade.

Nos combustíveis fósseis utiliza em forma gasosa o GLP (Gás liquefeito de petróleo) o gás de cozinha e o gás natural, utilizados para aquecimento, nos fogões de cozinha, aquecedores de ambiente e de água, para funcionar motores, iluminar e gerar eletricidade.

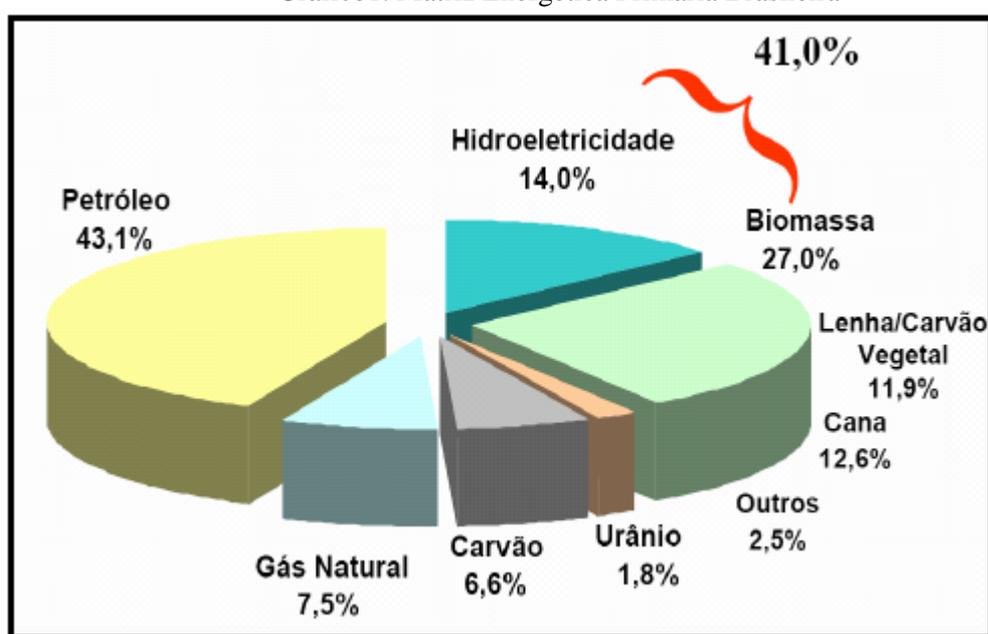
A energia térmica pode ser encontrada também na queima de carvão mineral, carvão vegetal e tronco de árvores (lenha).

A mais importante fonte de energia térmica é o Álcool, teve papel fundamental na década de 80, movendo mais de 85% dos automóveis brasileiros. Outras fontes menos conhecidas são: o bagaço de cana-de-açúcar, casca de cereais, cavacos (lascas de madeira) e serragem, essas fontes são bem menos utilizadas, mas têm sua utilização voltada principalmente para aquecimento e geração de eletricidade.

O Brasil possui um total de 1.429 usinas, onde 1.076 estão em operação, gerando 76.136.364 kW de potência, 110 usinas em construção e outras 243 com construção prevista. Essas usinas geram energia elétrica com fontes diferentes, são 620 hidrelétricas, 752 termelétricas, 54 eolioelétricas, 2 term nucleares e 1 solar fotovoltaica.

O gráfico a seguir mostra que no Brasil 41% da oferta interna de energia provém de fontes renováveis, enquanto a média mundial é de 14% e a média dos países desenvolvidos é de apenas 6%.

Gráfico1. Matriz Energética Primária Brasileira



Fonte: OTÁVIO, 2007

Para atividades econômicas em todo o mundo, faz uso de energia, as quais prevalecem fontes não renováveis principalmente o petróleo, que é a fonte de energia mais utilizada, sendo a matriz energética do mundo, com características não renováveis e finitas, o que já gerou inúmeros enfrentamentos bélicos na busca de seu domínio.

A atual posição mundial de dependência de energia fóssil é preocupante à medida que a estimativa de esgotamento desse recurso vem se aproximando, alguns estudos demonstram que as reservas de petróleo terão seu esgotamento total em 40 anos. Essa preocupação direciona muitas tecnologias à busca incessante de fontes energéticas que sejam renováveis e possam estar substituindo parte da atual matriz energética mundial.

Antigos projetos como o pró-álcool (Programa Nacional do Alcool), lançado pelo governo brasileiro na década de 70, que se mostrava uma solução para que o Brasil deixasse

de sofrer pressões do mercado internacional de petróleo, dava incentivos fiscais às pessoas para que comprassem carro movido a álcool além do combustível ter um preço menor que seu principal concorrente: a gasolina.

O pró-álcool começou a ruir na medida que o preço internacional do petróleo baixava, tornando o álcool combustível pouco vantajoso tanto para o consumidor quanto para o produtor. Para agravar o problema, o preço do açúcar começou a aumentar no mercado internacional na mesma época em que o preço do petróleo baixava, fazendo com que fosse muito mais atrativo para os usineiros produzir açúcar no lugar do álcool. Foi considerado um fracasso à medida que não se garantiu o abastecimento e a população sentiu-se traída com seus carros em filas quilométricas na busca pelo combustível.

Substituir a matriz energética de maior peso em todo mundo era algo que deveria levar em conta todo um cenário de mercado em longo prazo e não as influências e suspiros momentâneos da economia.

Atualmente o cenário leva a uma outra realidade: a necessidade por um combustível mais limpo, ecológico e que possa mover a frota de veículos do Brasil e do mundo de maneira sustentável e renovável, leva a essa expansão generalizada do setor sucroalcooleiro. Segundo CAMPANARI NETO, (2006) "... a cogeração é interessante sob o ponto de vista técnico e comercial. Quem não investir nessa área vai ficar mais vulnerável às oscilações de mercado".

Diante de uma evolução constante, o setor sucroalcooleiro conseguiu também a otimização no consumo e geração de energia. Desse modo as usinas passam de uma situação de consumidora para fornecedora de energia e toda essa demanda energética dá origem a um novo e promissor produto chamado de bioeletricidade. A venda do excedente energético é hoje uma fonte de renda lucrativa e interessante para unidades produtoras de açúcar e álcool.

E por ser uma fonte de energia renovável a geração de energia traz um equilíbrio sustentável, por consumir um passivo ecológico com a queima do bagaço da cana e transformando-o em energia e expelindo gás carbônico (CO₂) que posteriormente é capturado pela cultura da cana que devolve para atmosfera oxigênio (O), formando um ciclo sustentável e perene.

1.6 Pró-Álcool ⁴

O álcool extraído da cana-de-açúcar, já é de conhecimento por mais de um século, que pode ser utilizado como combustível automotivo. Mas até os anos 70 a grande variedade

⁴ O item 1.6 foi elaborado nos dados da ÚNICA (União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, 2005)

de derivados do petróleo e seu baixo preço tornavam inviável o emprego do álcool. Em outubro de 1973, isso mudou, o mundo se viu diante de um risco de desabastecimento energético.

Segundo RUIZ (2006),

“... com o fim da guerra árabe-israelense o mundo se assusta com a cotação do barril de petróleo, que em 1973 passa de US\$ 2 para US\$ 11, todo esse cenário levou a uma corrida para novas fontes de energias alternativas renovável, para substituir os combustíveis fósseis”.

Foi o primeiro choque do petróleo, que reacendeu o interesse mundial por fontes alternativas de energia e obrigou vários países a buscarem soluções mais adequadas.

A crise internacional fez aumentar os gastos do Brasil com importação de petróleo, que aumentou de US\$ 600 milhões em 1973 para US\$ 2,5 bilhões em 1974. Esse impacto provocou um déficit na balança comercial de US\$ 4,7 bilhões, resultado que influenciou fortemente na dívida externa brasileira (da época e futura) e na escalada da inflação, que saltou de 15,5% em 1973 para 34,5% em 1974.

Mediante a situação econômica do país, o governo procurando conter a inflação, manter o crescimento acelerado e conservar o equilíbrio do balanço de pagamentos, solicitou os vários engenheiros especialistas que estudassem a utilização de fontes não convencionais de energia para fornecer subsídios ao novo governo.

Isso resultou no documento chamado de Fotossíntese como fonte de energia, entregue ao Conselho Nacional de Petróleo em março de 1974, que se tornaria a semente do Programa Nacional do Álcool, o Pró-álcool. O estudo combinava as preferências do Instituto do Açúcar e do Álcool pela produção de álcool direto em destilarias autônomas e da Copersucar (Cooperativa Privada dos Produtores de Cana de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo), pelo aproveitamento da capacidade ociosa das destilarias anexas às usinas açucareiras.

O governo investiu no programa 7 bilhões de dólares até 1989 em subsídios, pesquisas entre outros. A Petrobrás ficou com a responsabilidade de compra de toda a produção, transporte, armazenamento, distribuição e a mistura do álcool a gasolina.

O álcool, que até então era considerado subproduto do açúcar, passou a desempenhar papel fundamental estratégico na economia brasileira, diante do sucesso da iniciativa deixou de ser encarado apenas como resposta a uma crise temporária, mas como solução permanente, quando alerta, ainda na esteira da crise, para o mundo do risco das reservas petrolíferas não seriam eternas.

No dia 14 de Novembro de 1975 o decreto n° 76.593, oficializa o Pró-Álcool. O programa foi idealizado pelo físico José Walter Batista Vidal e pelo engenheiro Urbano Ernesto Stumpf, este último conhecido como o pai do motor a álcool entre outros.

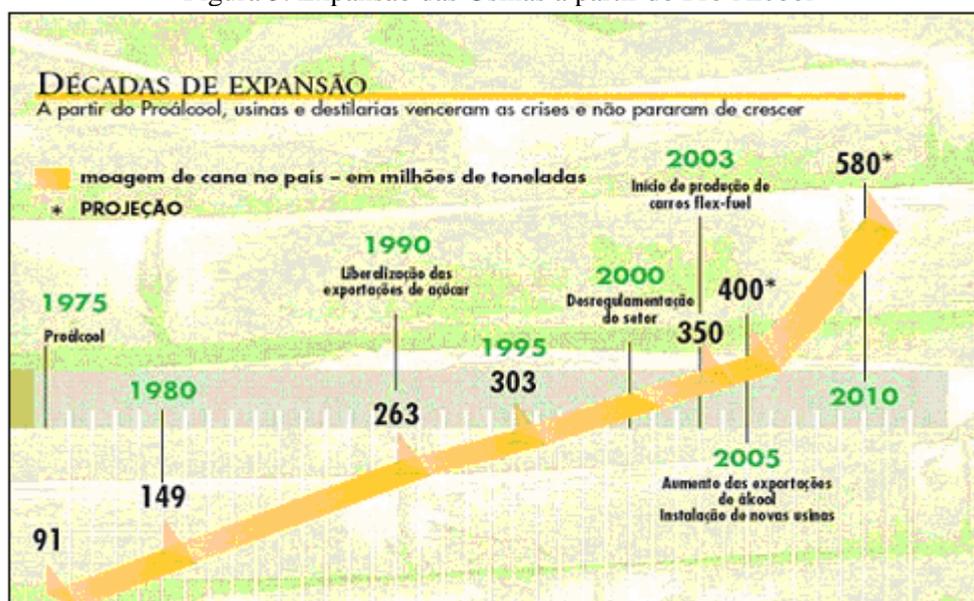
O programa substituiu por álcool etílico a gasolina, conseqüentemente 10 milhões de automóveis a gasolina a menos rodando no Brasil, diminuindo a dependência do país ao petróleo importado.

O pró-álcool começou bem com a safra 1977-1978 teve um crescimento, de 664 mil de m³ para 1,5 milhões de m³, chegando 13 milhões m³ na safra de 1987-1988, sendo que em 1986 já contava com 567 destilarias com capacidade de produção de 16 milhões de m³.

A produção de álcool no Brasil no período de 1975-76 foi de 600 milhões de litros; no período de 1979-80 foi de 3,4 bilhões e de 1986-87 chegou ao auge com 12,3 bilhões de litros.

A figura a seguir mostra o desenvolvimento das usinas durante o período de alta do Pró-álcool.

Figura 5. Expansão das Usinas a partir do Pró-Álcool



Fonte: União da Agroindústria Canaveieira de São Paulo, 2005

As indústrias automotivas receberam incentivos para a produção de carros movidos a álcool e acesso a toda tecnologia desenvolvida pelas estatais, envolvida com o programa Pró-álcool, os consumidores aderiram ao novo combustível, porém alguns problemas de corrosão e partida deixou os consumidores com receio do novo combustível, estes problemas foram resolvidos em 1981. Com a substituição do combustível, os automóveis precisaram passar por

alterações. Como exemplo, os tubos tiveram seu material substituído; o calibre do percurso de combustível teve de ser aumentado; por causa do poder calorífico menor do álcool, foi necessário instalar injeção auxiliar a gasolina para partida a frio; o carburador teve de ser feito com material anticorrosivo, assim como a bomba de combustível, que passou a ser composta de cádmio.

A indústria automotiva continuou apostando no programa pensando no aquecimento do mercado e investiu no aperfeiçoamento dos motores movidos a álcool. No Brasil de todo o álcool produzido na década de 80 aproximadamente 85% eram destinados a fins combustíveis, distribuindo-se entre anidro para mistura com gasolina e hidratado para veículos com motor especialmente desenvolvido para esse combustível.

Em 1985 o governo brasileiro comemora o balanço do Pró-álcool: com mais de 1 milhão de empregos diretos e indiretos e com uma safra de onze bilhões de litros. Os benefícios não param por aí, tanto os carros movido a álcool hidratado como os com a mistura gasolina com álcool anidro, presenteia o meio ambiente com menos poluição. Estava tudo cainhando bem até que o preço do petróleo se estabiliza e começa a declinar, então o governo se vê obrigado a bancar a diferença chegando a ponto de aumentar o preço da gasolina e diesel para repassar para o álcool.

Em 1986 a produção de carro álcool chega a 95% de sua produção total e a produção do álcool carburante esta no seu limite com 12 bilhões de litros de álcool e sem condições de suprir toda a demanda, mas arrasta até o inicio da década de 90, importando o álcool para abastecer a frota estimada em quatro milhões de veículos.

Em 1988 a produção anual de carros a álcool estava em 63% da produção total, caindo para 47% em 1989 e a partir daí a produção cai próximo de 0% em 2001. A queda do consumo de álcool hidratado foi compensada com o aumento do álcool anidro que era misturada à gasolina. O Conselho Interministerial de Açúcar e Álcool - (CIMA) é o órgão responsável pelo controle da porcentagem de álcool adicionada à gasolina, a qual deveria conter de 20 a 24% de álcool anidro com tolerância de 1% para mais ou menos.

Com a lei de 1994 de proteção ao meio ambiente, a qual determinava 22% de Álcool a gasolina, com essa medida o déficit atingiu um bilhão de litros de álcool. O programa Pró-álcool esta no ponto de entrar em colapso então o governo federal resolve incentivar, porém as montadoras já haviam reduzido a produção de carro a álcool por conta do desabastecimento e os usineiros endividados começaram a produzir açúcar que era mais rentável. Devido à dificuldade de abastecimento, o consumidor de carro a álcool voltou para os carros movidos a

gasolina, para resolver o problema dos usineiros, o setor estava cobrando do governo um combustível único com maior porcentagem de álcool a gasolina.

No final da década de 80, os EUA, Japão e Europa desenvolveram uma nova tecnologia, *flex fuels* na qual o motor tem sensores que reconhecem os teores da mistura e ajustam automaticamente a operação do motor para as condições mais favoráveis ao seu uso. Em março de 2003, as montadoras iniciaram a produção de motores flex movidos com etanol hidratado, gasolina ou com qualquer mistura desses combustíveis.

1.6.1 Produção de Etanol no Mundo

Os custos de produção mais baixos e os recursos naturais abundantes fizeram do Brasil o maior candidato ao papel de supridor mundial de etanol. A entrada em vigor do Protocolo de Kyoto, em fevereiro/2008, está obrigando os países a começarem a colocar em prática medidas concretas para reduzir o consumo dos combustíveis fósseis, assim cumprir as metas de redução de emissão de dióxido de carbono previstas no acordo mundial.

A mistura do etanol à gasolina, medida colocada em prática desde 1975 no Brasil, é uma das soluções mais estudadas para reduzir as emissões. Diante do potencial dessa mudança mundial, tanto o governo como as empresas produtoras de álcool dedicam-se a uma ofensiva diplomática e comercial para abrir mercados para o combustível alternativo brasileiro.

Nas missões deste ano para países da Ásia, o combustível renovável foi um dos assuntos centrais. Sendo o mercado japonês o mais promissor, o governo já autorizou a mistura de até 3% de etanol na gasolina, de forma não obrigatória. Se houver uma decisão tornando a mistura obrigatória, ela vai criar um mercado de 1,5 bilhões de litros por ano que o país certamente teria que importar.

Outros países já têm projetos aprovados de mistura de etanol à gasolina. Na União Européia, a Diretiva dos Biocombustíveis estabelece metas não mandatórias de uma participação de 2% em 2005 e de 5,75% em 2010 de biocombustíveis. Para que seja cumprida essa meta será exigida a produção de 13 bilhões de litros de etanol por ano, o plano é atender à demanda com produção local, a partir de beterraba e de cereais, com custos certamente mais altos que os do processo que utiliza cana-de-açúcar.

Os Estados Unidos está conseguindo aumentar rapidamente sua produção de etanol a partir do milho, mas no ano passado tiveram que recorrer a importações do álcool brasileiro.

A China também tem uma produção crescente e planos de impor a mistura, mas poderá ter que recorrer a importações para atender seu enorme mercado.

Na Índia, a mistura de etanol começou em algumas províncias. Como problemas climáticos afetaram a produção de álcool, o país foi o maior importador do produto brasileiro no ano passado. Com o aumento das vendas para uso como combustível, as exportações de álcool em 2004 deram um salto no Brasil, atingindo 2,4 bilhões de litros exportados. Espera-se que não seja apenas um começo de novas fronteiras e ampliação das exportações.

1.6.2 Aspectos Econômicos

A produção do álcool possui custos que estão diretamente ligados à produtividade da lavoura da cana-de-açúcar e ao rendimento industrial do processo de produção do etanol. Nas últimas duas décadas, o desenvolvimento e a implantação de novas técnicas e tecnologias no setor sucroalcooleiro foram os grandes responsáveis pela redução nos seus custos de produção. Entre os anos de 1976 a 1996, os custos de produção do álcool carburante caíram de aproximadamente 90 US\$/bep para aproximadamente 45 US\$/bep, o que corresponde a uma taxa média de redução de custos na faixa de 2% a 3% ao ano.

Por três fases distintas, os ganhos de produtividade do setor sucroalcooleiro passaram:

- A partir de 1975, busca por maior produtividade industrial;
- A partir de 1981-82, busca por maior eficiência na conversão de sacarose para o produto final, bem como por reduções de custo;
- A partir de 1985, gerenciamento global da produção agrícola e industrial, incluindo o planejamento e o controle da produção da cana integrado com a produção industrial.

Para uma melhor eficácia dos programas de desenvolvimento tecnológico, a maior ênfase do setor tem sido na área agrícola, pois essa etapa concentra cerca de 61% dos custos de produção do etanol.

O programa desenvolvido pelo Governo teve seus dias de glórias e dias de fracasso, mas foi importante para o desenvolvimento de Usinas no país, além de proporcionar pesquisas sobre fontes de energias alternativas, visando à diminuição da dependência por fontes finitas.

Nos dias de hoje, fatores como a ascensão dos carros flex-power, onde não mais os consumidores ficarão refém das vontades dos usineiros, e a produção e comercialização de energia, que contribui para a manutenção e crescimento do país, colocaram as usinas em um outro nível de riqueza e tamanho.

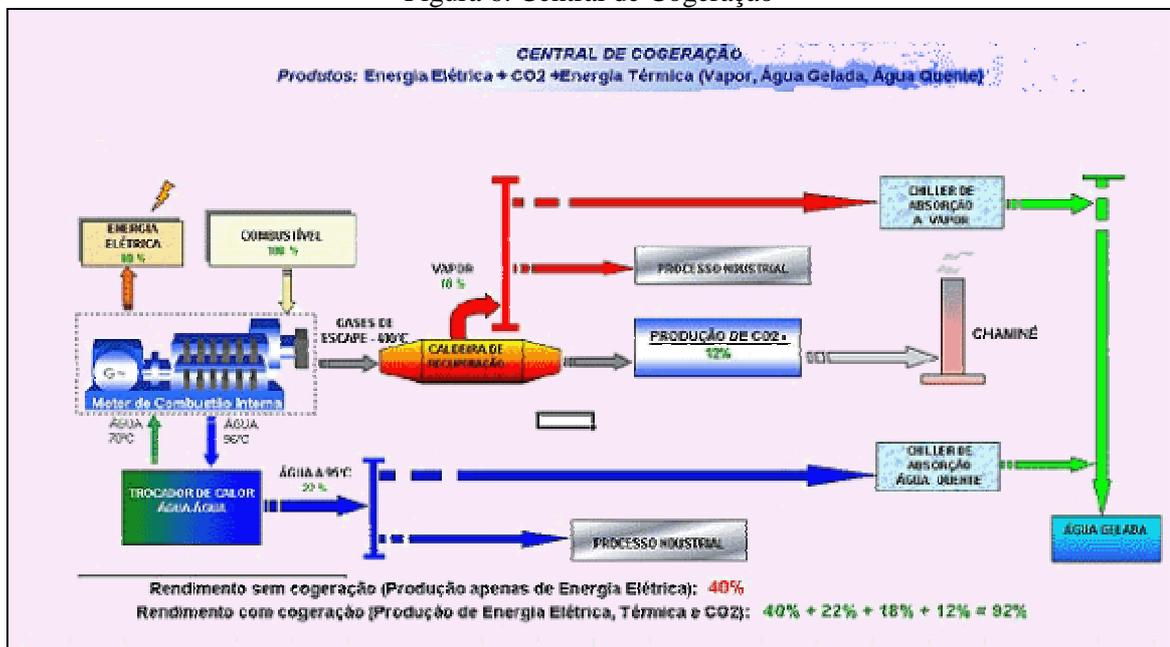
CAPÍTULO 2. COGERAÇÃO⁵

O conceito, teoria do assunto em discussão, definições e temas importantes para entender a importância da cogeração de energia no cenário atual, é abordado abaixo.

Cogeração é a produção de duas formas de energia diferentes ao mesmo tempo provenientes de um mesmo combustível, de forma a permitindo a otimização e o acréscimo de eficiência energética nos sistemas de conversão e utilização de energia. No caso da cogeração em usina sucroalcooleiras o processo combinado de geração de energia mais comum é a de geração de energia elétrica e energia mecânica a partir da queima da biomassa (bagaço e palha da cana-de-açúcar).

A geração de energia elétrica nas usinas é utilizada para suprir as necessidades de suas próprias instalações, e a quantidade excedente de energia elétrica gerada é comercializada em leilões onde participam as distribuidoras do produto. A geração de energia mecânica é utilizada na plantas industrial das próprias usinas como forma de propulsor das gigantescas moendas de cana-de-açúcar.

Figura 6. Central de Cogeração



Fonte: Koblitz Engenharia, 2007

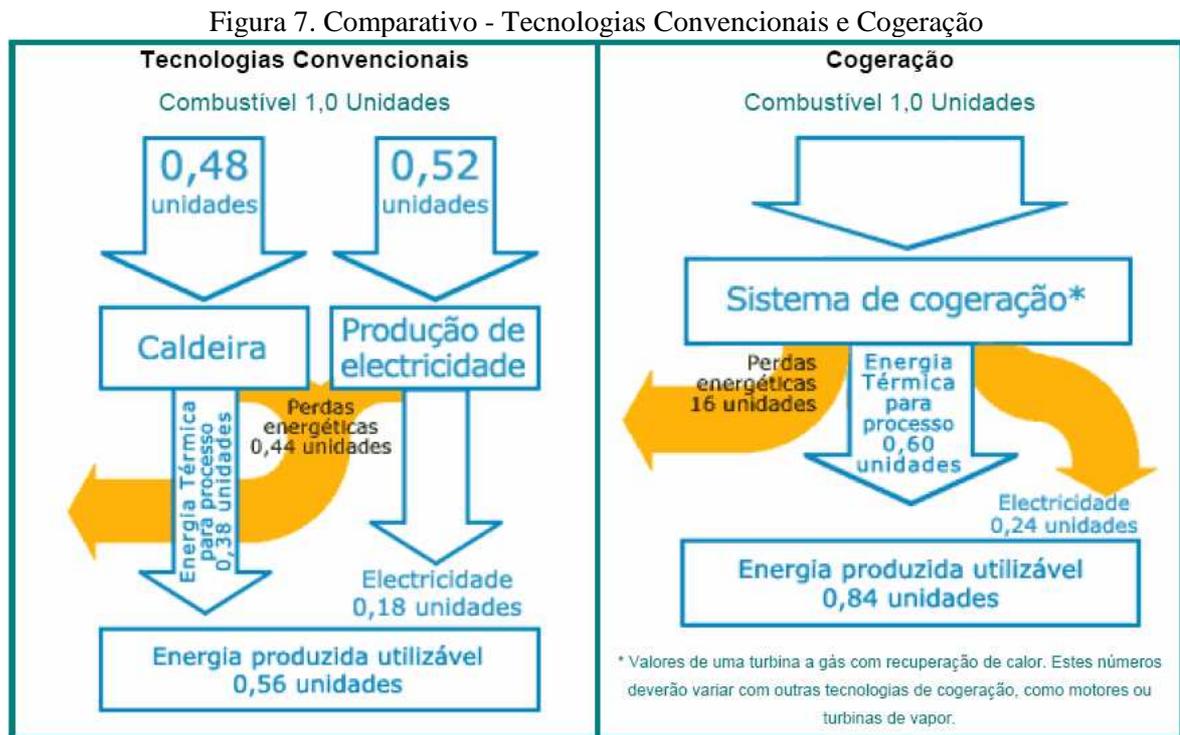
A cogeração é um processo de produção de energia muito eficiente, possibilitando uma série de benefícios, pois reduz o consumo das reservas de combustíveis fósseis,

⁵ O item 2 foi elaborado nos dados da Koblitz Engenharia, 2007

conduzindo a uma redução significativa do impacto ambiental do uso destes mesmos combustíveis. Substituindo o combustível fóssil pelo calor que normalmente é dissipado no processo de geração de energia, este sistema tem uma eficiência superior ao convencional. A cogeração pode ser aplicável em instalações que necessitem simultaneamente de energia térmica elétrica, como por exemplo, o segmento da indústria (alimentos, bebidas, química, petroquímica, papel e celulose, cerâmica, farmacêutica), o comércio (shoppings, supermercados, complexos comerciais) e serviços (hospitais, hotéis, aeroportos, grandes condomínios).

Apesar de conhecida desde o início do século XX, a cogeração foi incrementada, nos Estados Unidos, em meados dos anos 80, quando a queda no preço do gás natural apresentou uma atrativa alternativa a novos sistemas de geração de energia. Na realidade, o sistema de Cogeração é o responsável pelo dramático declínio da construção de plantas de energias nucleares e hidráulicas.

As figuras a seguir ilustram um comparativo entre energia convencional e a cogeração:



Fonte: BRANDAO, 2004

A figura 7 demonstra que o emprego uma mesma unidade de combustível na tecnologia convencional e na cogeração apresentou resultados distintos, sendo que na

cogeração a eficiência energética é 50% superior que a tecnologia convencional, e perda energética 63% menor na cogeração.

Além do alto desempenho comprovado, a Cogeração tem um caráter descentralizador, dada à necessidade de estar próxima da unidade consumidora. Assim, o impacto ambiental é reduzido, pois não existem linhas de transmissão extensas e suas conseqüentes infra-estruturas. Aliados aos distritos industriais, os sistemas de cogeração têm uma capacidade de reduzir a emissão de gases nocivos, evitando o efeito estufa, superior a qualquer outra tecnologia.

Para entender o conceito de Cogeração é preciso saber que a maioria dos sistemas de geração de energia baseia-se na queima de óleos combustíveis para produção de vapor e é justamente a pressão desse vapor que torna as turbinas geradoras ineficientes. A cogeração pode ser feita com a utilização de outros combustíveis como o carvão mineral, o gás natural (GNV), e os mais diversos tipos de biomassa.

As vantagens são inúmeras, dentre outras: auto-suficiência energética, qualidade da energia elétrica, melhoria da eficiência energética do processo, redução dos impactos ambientais, foco na atividade principal da empresa.

2.1 Biomassa⁶

As plantas capturam a energia do sol e transformam em energia química, esse processo é a fotossíntese. Esta energia pode ser utilizada pelo homem quando transformada em eletricidade, combustível ou calor. A geração de energia através de fontes orgânicas é chamada de Biomassa.

A utilização de biomassa pelo homem para obtenção de energia é bem antiga, iniciou através do fogo para o cozimento e iluminação. Com o domínio do fogo o homem pode explorar os metais e com a lenha na siderurgia impulsionar a Revolução Industrial.

Com a máquina a vapor, a biomassa começou a ser utilizada também para obtenção de energia mecânica para abastecimento da indústria e transportes. Mesmo com o início da exploração dos combustíveis fósseis (carvão mineral e petróleo) a lenha continua sendo importante na produção energética, principalmente nos países tropicais.

Não são todos os processos primários de transformação podem incrementar a biomassa, pois parte dessa energia é empregada pelo ecossistema na sua própria manutenção.

⁶ O item 2.1 foi elaborado nos dados do artigo BIOMASSA, 2008 e na UNICA, 2007

A vantagem da biomassa para geração de energia é o baixo custo, ser renovável, o reaproveitamento de resíduos e poluir menos que outras fontes de energia como o petróleo e o carvão.

As biomassas mais utilizadas são: a lenha, o bagaço de cana-de-açúcar, galhos, folhas de árvores, palha, entre outras. A biomassa é o elemento principal de diversos novos tipos de combustíveis e fontes de energia como o bioóleo, o biogás, o BTL e o biodiesel.

A biomassa é renovada através do ciclo do carbono, durante a queima da biomassa ou devirados a liberação de CO₂ na atmosfera, as plantas, através da fotossíntese, transformam o CO₂ nos hidratos de carbono, liberando oxigênio. Com a utilização da biomassa, desde que não seja de forma predatória, não altera a composição da atmosfera.

Outros destaques da biomassa é a alta densidade energética, facilidade de armazenamento, conversão, transporte e a semelhança entre os motores e sistemas de produção de energia com a utilização de biomassa dos que utilizam energias fósseis. Uma substituição não teria impacto tão grande na indústria de produção de equipamentos, nem no transporte e produção de energia elétrica.

As principais formas de aproveitamento da biomassa no estado bruto são: madeira, produtos e resíduos agrícolas, resíduos florestais, resíduos pecuários e lixo, outras formas de obtenção são: produção de briquetes, carvão vegetal, gás pobre, biogás, álcool e óleos vegetais.

2.1.1 A Biomassa na Cogeração de Energia

A cana-de-açúcar é um dos produtos agrícolas mais antigos e atende o mercado interno e externo de açúcar e álcool. É possível retirar da cana-de-açúcar os subprodutos: bagaço, vinhoto ou vinhaça, torta de filtro e levedura.

A composição média da cana-de-açúcar é de:

- Fibras 14%
- Sacarose (pol) 12%
- Impurezas 3%
- Bagaço (50% umidade) 250 kg/ton cana

Se considerar uma tonelada de cana, seu valor energético é de cerca 392.000 kcal por litros de álcool, 560.000 kcal em 250 kg de bagaço úmido e 60.000 kcal em 11.830 litros de

biogás obtidos através da biodigestão do vinhoto. Há mais energia na cana-de-açúcar e em seus derivados do que se pode conseguir com o álcool isoladamente.

O bagaço de cana-de-açúcar que sobra após a da moagem da cana é o resíduo agroindustrial de maior quantidade no Brasil, gerando aproximadamente 280 kg de bagaço por tonelada de cana moída, esse resíduo tem 50% de umidade em média e poder calorífico de 7.500 Kj/Kg de bagaço. Estima-se que por ano a produção gire entre 5 a 12 milhões de toneladas, o que corresponde cerca de 30% do total da cana moída.

O bagaço de cana, dentre as biomassas, é aquele que reúne os melhores atributos econômicos para ser industrializado e competir comercialmente com o óleo combustível em virtude das seguintes vantagens:

- Ter uma lavoura organizada cujos custos são debitados no produto nobre: açúcar e/ou álcool;
- Ter todo o sistema de transporte campo-indústria organizado e por conta do mesmo produto nobre;
- Ser produzido em grandes quantidades, concentradas em um ponto, que o libera semibeneficiado, graças ao trabalho de moagem.

A biomassa pode contribuir para a produção de energia elétrica, essa idéia é defendida como uma alternativa limpa para o problema energético do país.

A cogeração é a geração simultânea de energia térmica e mecânica a partir de uma mesma fonte primária de energia. A energia mecânica pode ser utilizada na forma de trabalho ou transformada em energia elétrica através do gerador de eletricidade.

O sistema de cogeração permite produzir simultaneamente energia elétrica e calor útil através de tecnologia racional na produção de energia elétrica. As usinas sucroalcoleiras que dispõem do bagaço de cana-de-açúcar utilizado na cogeração, a vantagem de transformar um passivo ambiental em fonte de energia elétrica para abastecimento próprio e renda com a comercialização do excedente, esta se consolidando como um grande negócio.

O estado de São Paulo tem cerca de 140 unidades sucroalcoleiras, na safra de 2005/2006 as usinas processaram 242,8 milhões de toneladas de cana-de-açúcar.

Outro tipo de biomassa que vem sendo utilizado com sucesso em algumas usinas é a palha da cana-de-açúcar, que é formada pelas folhas e ponteira da planta na colheita mecanizada. Esse tipo de biomassa tem poder calorífico de 12.750 Kj/Kg de palha, e umidade de 15%, uma tonelada gera 140 kg de palha, seu uso esta despertando interesse, essa palha fornece poder caloríficos superior ao do bagaço.

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, a cogeração com o bagaço de cana-de-açúcar aumenta a lucratividade das usinas sucroalcoleiras. Além de ser uma energia barata e renovável, a queima do bagaço para esse fim tem um apelo ecológico por estar substituindo a utilização de um combustível fóssil para o mesmo trabalho, ainda que não seja totalmente segura, já que o cultivo e a colheita de cana é sazonal e dependem também de fatores climáticos como as chuvas que hora faz-se necessária, mas na época da colheita torna-se prejudicial.

CAPÍTULO 3. IMPACTOS AMBIENTAIS

Para suprir as necessidades da humanidade, o homem interfere no meio ambiente fazendo alterações que lhe permitira uma maior produção, maior lucratividade, melhor qualidade e vida, porém a cada interferência do homem gera um impacto no ambiente, gerando um custo que pode ser cobrado tanto da humanidade presente como das gerações futuras. À medida que a humanidade evoluía o consumo de energia aumenta de forma considerável.

Cabe ao homem buscar e desenvolver tecnologias para diversificar as matrizes energéticas, a fim de reduzir os impactos ambientais, sendo assim se para obter energia precisamos interferir no eco-sistema, deveremos utilizar as fontes que seja de menor agressão para si. Independente da fonte que utilizarmos para obter energia, ela vai alterar algo na biosfera.

Cada fonte de energia apresenta seus pontos positivos e negativos, uma fonte considerada limpa é a cogeração através do uso da biomassa. A cogeração é uma alternativa de produção de energia desejada por vários setores industriais, o sistema de cogeração com utilização de biomassa é ambientalmente sustentável, já que essa gera baixos níveis de emissão de gases causadores do efeito estufa, além disso, possibilita a redução dos impactos à natureza. A biomassa de cana-de-açúcar é considerada uma forma de energia verde, que todas as nações gostariam e ter, devido a sua perpetuidade e renovação. “Esse tipo de combustível pode ser considerado como o combustível do futuro”, segundo a COGEN (Associação paulista de cogeração de energia, 2005).

3.1 Fontes Renováveis

Fontes de energia renováveis se caracterizam por sua continuidade e perenidade, ou seja, é possível sua obtenção quantos vezes se desejar, diferente das fontes fósseis que levam milhares de anos para se formarem. A fonte de energia renovável como a solar, eólica, geotérmica, biomassas e outras são consideradas a energia do futuro por ter impacto muito menor ao meio ambiente, em comparação ao causados pelo uso dos combustíveis fósseis, a busca agora é para reduzir o custo da energia final obtida com as fontes renováveis, podendo apresentar-se competitiva perante a fonte não renovável. Outro ponto a ser observado a respeito das fontes de energia não renováveis (combustíveis fósseis) e que elas são

responsáveis pela maior volume de geração de energia no mundo, é que estas fontes são finitas e será necessário que no futuro alguma outra fonte a substitua.

3.2 Protocolo de Kyoto

O protocolo de Kyoto é tratado acordado por 160 países em dezembro de 1997 na cidade de Kyoto (Japão), para limitar a emissão de gases do efeito estufa nos países industrializados, esse tratado visava à redução emissão dos gases pelos países participantes, para parâmetro de 1990, assim contribuindo para evitar o aquecimento global, e dando origem ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Dos 160 países que participaram das negociações 125 assinaram o tratado, os quais juntos são responsáveis por emitir 61,6% dos gases do efeito estufa.

O efeito estufa foi identificado pelo francês Jean Fournier no século XIX, e que pode ser definido como acréscimo constante da temperatura da terra em consequência do aumento da concentração atmosférica e alguns gases, dentre eles o gás carbônico (CO²), que emitido com a queima dos combustíveis fósseis, esses gases capturam parte da radiação infravermelha que a terra devolve para o espaço, provocando o aumento da temperatura atmosférica e causando alterações climáticas.

O MDL tem o objetivo de buscar essa redução da emissão dos gases do efeito estufa nos países em desenvolvimento, através de investimentos em tecnologias mais limpas, eficiência energética e fontes renováveis de energia e certificando essa redução nas emissões. O mecanismo de implementação conjunta ainda permite que os países que reduziram a emissão obtenham créditos que podem ser comercializados com os países que não conseguem eficiência nessa redução, gerando assim o comércio de créditos de carbono.

3.2.1 Crédito de Carbono

O crédito de carbono é um tipo de certificado que é emitido quando uma empresa diminui a emissão de gases que provocam o efeito estufa e o aquecimento global. Cada crédito de carbono equivale a uma tonelada de CO² (dióxido de carbono) que deixou de ser produzido. A obtenção desses créditos se dá através da substituição de um combustível derivado de petróleo por outro proveniente de fontes renováveis.

Quando uma empresa diminui a emissão de gases poluentes, ela obtém os créditos através de uma certificadora, essa certificadora irá auditar a empresa para verificar se a mesma cumpri com as exigências legais.

Para que possa conceder os créditos, que podem ser vendidos no mercado financeiro, uma vez que os créditos são considerados *commodities* (mercadorias negociadas com preços estabelecidos pelo mercado internacional).

As empresas que não conseguem reduzir a emissão de gases ou as que precisam emitir uma quantidade de gases maior que a estabelecida no protocolo de Kyoto, compram esses créditos para manter o crescimento respeitando o protocolo. As empresas que conseguem reduzir a emissão dos gases poluentes lucram com a venda desses mesmos créditos. Esse retorno financeiro acaba sendo um incentivo para que as empresas cada vez mais invistam em fontes de energia limpa e renovável como a biomassa (bagaço e palha de cana-de-açúcar).

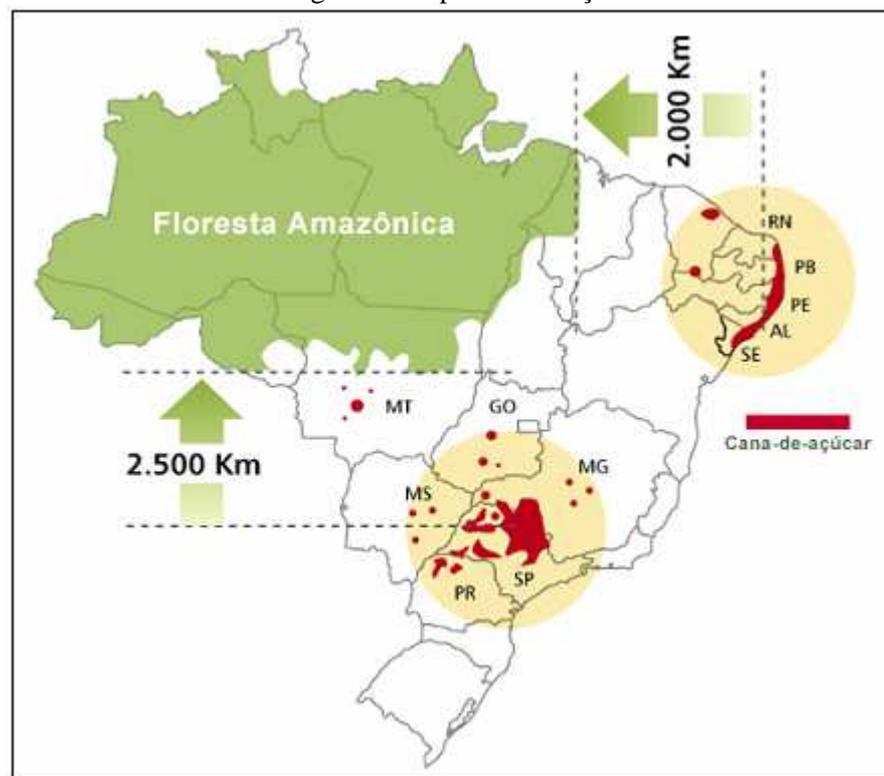
CAPÍTULO 4. O SETOR SUCROALCOLEIRO E A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA-COM BASE NA EQUIPAV

A produção de cana-de-açúcar, o grupo Equipav, sua história e o relato do processo de cogeração evidenciado na visita feita ao grupo Equipav, usado neste trabalho como exemplo, será abordado a seguir.

4.1 Produção de Cana-de-Açúcar

A produção de cana-de-açúcar se concentra nas regiões Centro-Sul e Nordeste do Brasil. O mapa abaixo mostra em vermelho as áreas onde se concentram as plantações e usinas produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade, segundo dados oficiais do IBGE, UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas – SP) e do CTC (Centro de Tecnologia Canavieira).

Figura 8. Mapa da Produção



Fonte: União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, 2008

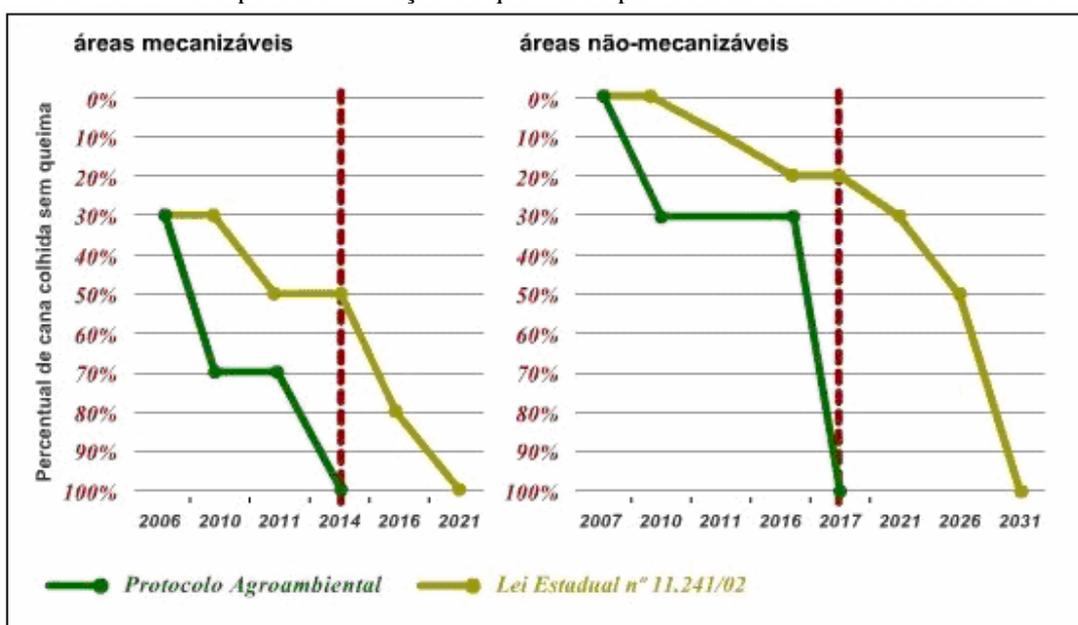
O ciclo produtivo da cana-de-açúcar começa no preparo do solo, o plantio das mudas e os tratamentos para prevenção contra pragas. Na maturação a cana passa pelo processo de colheita. Essa fase envolve as etapas de limpeza (eliminação de pontas e folhas), corte e carregamento.

No Brasil a colheita é feita de três maneiras:

- Semi-mecanizada, limpeza do canavial através da queima, corte e carregamento mecanizado, feito por guas carregadoras;
- Mecanizada com colheita de cana queimada, limpeza através da queima, corte e carregamento mecanizados, feitos por colheitadeiras de cana picada;
- Mecanizada com colheita de cana crua, limpeza e carregamento mecanizado, feito por colheitadeiras de cana picada.

O corte sem a queima, a colheita mecanizada se torna mais viável, embora os investimentos em equipamentos sejam altos. Porém a Lei Estadual 11.241/02 obrigará o setor a se adequar a colheita da cana sem queima, o cronograma prevê a eliminação das queimadas até 2031.

Gráfico 2. Prazo para a eliminação da queima da palha da cana no estado de São Paulo*



Fonte: União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, 2008

Depois de colhida, a cana é transportada em caminhões, do canavial até usinas, da lavoura para as usinas e destilarias é pesada, amostrada e descarregada.

Na amostragem são obtidos parâmetros que determinam a qualidade da cana colhida: o teor de sacarose aparente e a porcentagem de sólidos solúveis. Outro dado importante é o teor de fibra da cana, pois reflete a quantidade de bagaço que estará disponível após a extração do caldo. O descarregamento da cana é de forma mecanizada, em sistemas de lavagem e preparo.

* Os pontos destacados nas linhas do gráfico mostram anos específicos citados na Lei ou no Protocolo.

Na lavagem a cana é lavada com água sobre esteiras que alimentam a linha de produção, para reduzir ao máximo a quantidade de impurezas aderidas à cana que podem prejudicar o rendimento das etapas seguintes.

Depois de lavada inicia-se a etapa do preparo, é feita a desintegração parcial do colmo de maneira a facilitar o processo de extração da sacarose. As operações básicas são corte, com uso de facas rotativas e desfibramento, quando é destruída a estrutura original da cana.

Em seguida é realizada a extração do caldo, pode ser feita em moendas (conjuntos de cilindros metálicos) ou em difusores, a partir do esmagamento da cana, para eficiência da extração da sacarose seja elevada é feita a embebição, adição de água ou caldo a cana submetida à moagem.

Os equipamentos do processo de preparo e moagem são normalmente acionados por turbinas a vapor, que convertem energia térmica contida no fluxo de vapor em energia mecânica disponível no eixo das turbinas, nesta etapa do processo o bagaço é disponibilizado.

O caldo extraído da cana é distribuído para a produção de açúcar e álcool. Na produção de açúcar o caldo passa por um tratamento preliminar, composto de desaerador e peneira, para eliminação de impurezas, sulfitação, adição de ácido fosfórico e adição de cal, para clareamento do caldo e decantação. No caso de produção de etanol não há padronização no tratamento, há usinas e destilarias que não fazem nenhum tratamento, outras já pasteurizam o caldo aquecendo-o e resfriando-o, existem outras ainda que fazem o mesmo tratamento do açúcar, exceto a sulfitação.

Os principais resíduos resultantes do processo produtivo da cana-de-açúcar são: a palha, o bagaço, cinzas, a torta de filtro e o vinhoto.

4.2 Grupo Equipav⁷

Em 1960 surge em Campinas, interior de São Paulo, a Equipav S/A Pavimentação, Engenharia e Comércio, a primeira empresa do Grupo Equipav.

A Equipav iniciou suas atividades em uma época em que a produção de bens e insumos necessários à demanda nacional não tinha bom escoamento das suas fontes produtoras, em razão da precariedade das estradas. Mas os homens que formaram o conglomerado de empresas foram visionários que acreditavam na potencialidade do País.

⁷ O item 4.2 foi elaborado com base nos dados do GRUPO EQUIPAV S/A, 2007

Com apenas um rolo, uma caldeira, um caminhão, muita perseverança, muito trabalho e muita fé no futuro, a Equipav provou seu potencial e novos trabalhos surgiram, levando os sócios a ampliarem suas atividades para a produção de concreto e argamassa, além de extração de pedra e areia.

A vocação para o desenvolvimento fez com que o Grupo fosse além da Construção Civil. Hoje, está presente também nos setores Agroindustrial, Ambiental e de Concessões.

Atualmente é um dos principais grupos empresariais do Brasil, o Grupo Equipav contempla mais de 20 empresas distintas, com atuação nos Estados de Ceará, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo. Com grande solidez e credibilidade em todas as áreas em que atua, o Grupo se fortalece a cada dia, ampliando suas atividades e criando cada vez mais parcerias de sucesso.

O portfólio de produtos e serviços que se estende à produção de argamassa, extração de pedra, usinas de açúcar, álcool e bioeletricidade, coleta de resíduos e manutenção de áreas verdes, até concessionárias de rodovias, terminais rodoviários, empresas de saneamento básico e de termo-geração.

As concessionárias do Grupo são administradas pelo CIBE – Consórcio de Infra-estrutura Bertin Equipav. O CIBE tem como objetivo criar uma base dedicada a disputar com grandes empresas as oportunidades de captação de negócios na área de infra-estrutura: rodovias, serviços de saneamento e PPPs – Parcerias Público Privadas.

A Equipav S/A Açúcar e Álcool, localizada na cidade de Promissão, interior de São Paulo é uma das empresas do Grupo com atuação no segmento Agroindustrial. Constituída em 1980, a Usina Equipav iniciou como uma destilaria autônoma, ofertando ao mercado o álcool combustível. Em 1993, passou a produzir o açúcar cristal e, em 2001, com a crise energética que atingiu o Brasil – o famoso “apagão”, a Usina Equipav transformou a ameaça em oportunidade passando a investir na cogeração de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar.

A estratégia de investir em bioenergia deu certo e em 2006, a empresa iniciou a 2ª fase de cogeração, adquirindo novos geradores de alta potência.

Atualmente a Equipav é a maior geradora de energia elétrica obtida de biomassa no País, segundo estimativas da União da Indústria de Cana-de-açúcar. Em 2008, a Usina deve gerar energia suficiente para abastecer uma cidade de 2 milhões de habitantes.

O quadro a seguir mostra os dados de energia vendida, potência instalada acumulada e moagem:

Tabela 1. Dados anuais do Grupo Equipav

ENERGIA VENDIDA	
ANO	MWh
2005	160
2006	160
2007	175

POTÊNCIA INSTALADA ACUMULADA	
ANO	MW
2007	58
2008	203*
2009	295*

***Usinas Equipav e Biopav**

MOAGEM	
ANO	000 TONELADAS DE CANA
2005	3,3
2006	4,5
2007	5,3

Fonte: Equipav, 2007

As perspectivas para as próximas safras mostram um crescimento ainda maior contando com a participação da segunda Usina de Açúcar e Álcool do Grupo, a Biopav, instalada no município de Brejo Alegre/SP (cerca de 70 km de distância de Promissão) com início da operação previsto para 2008.

Durante visita a Usina Equipav em Promissão-S/P, em conversa com o gerente responsável pela Gestão Ambiental, Sr. Mauro, apresentamos um questionário pré-elaborado com dúvidas sobre o processo de cogeração através da queima do bagaço de cana. Em suas explicações Mauro comentou sobre a importância da cogeração de energia para o Grupo Equipav, as vantagens citadas por ele são: um destino sustentável ao passivo ambiental bagaço de cana-de-açúcar, geração de renda com um ciclo sustentável e o subproduto que é a venda de Crédito de Carbono que pode ser comercializado pela Usina.

Mauro enfatizou as práticas ambientais do Grupo Equipav com a preocupação a queima da cana para a colheita, graças a Lei 11.241/02, aprovada pelo Governo do Estado, deve ser extinta a queima até 2031, mas a Equipav enxergando o problema da queima já se

encontra em processo de diminuição da queima, o qual o Grupo Equipav pretende extinguir até 2017.

Durante a reunião foi mencionado o potencial energético da Usina que pode abastecer uma cidade com Bauru durante 1 ano, isso fora o que a Usina consome no processo produtivo de álcool e açúcar.

Outro destaque foi a preocupação social não só com o Meio Ambiente ao redor da Usina, mas também a população e operários de baixa renda da Usina, a Equipav disponibiliza orientação para os pequenos produtores da região que fornece áreas para o cultivo da lavoura de cana-de-açúcar posteriormente vendida a Usina da Equipav.

4.2.1 O Processo de Cogeração na Equipav

No Brasil, a cogeração foi regulamentada com a Lei nº 1.872, de 21 de maio de 1981, que permite que as concessionárias de energia elétrica adquiram o excedente de energia de auto-produtores que não empregam combustíveis derivados de petróleo para a produção de energia elétrica.

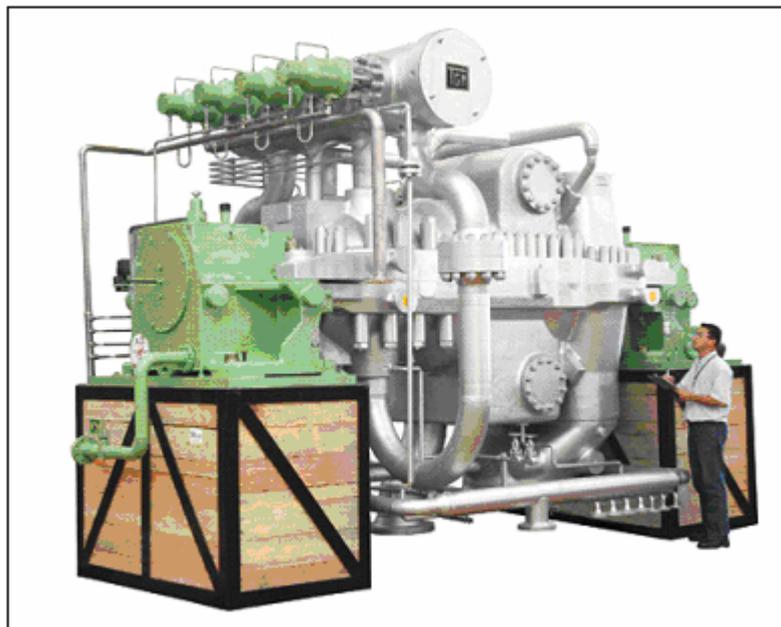
Cogeração é definida como o processo de geração de duas formas de energia com a utilização de um mesmo combustível, na Equipav é gerado vapor em alta pressão e temperatura, o combustível utilizado para gerar esse vapor é a biomassa bagaço e palha de cana-de-açúcar, esse vapor produz energia elétrica através de turbinas de geração elétrica, também gera energia calórica e de movimento as quais são utilizadas em sua planta fabril.

Para Equipav obter energia através de turbinas movidas a vapor é necessário que ela tenha uma estrutura de geração de vapor em alta pressão, esse processo é constituído por uma fonte de combustível, neste caso biomassa que é um combustível renovável, uma ou um conjunto e caldeiras e turbinas geradoras de energia. A turbina geradora de energia é formada por dois componentes que dão origem ao seu nome, uma turbina e um gerador de energia elétrica.

A turbina de aletas gera movimento giratório com a passagem do vapor e transmite esse movimento a um gerador de energia, processo semelhante à geração de energia em hidroelétricas, porém fator que faz girar as turbinas na hidroelétrica é a água sob pressão.

A seguir uma foto ilustrativa de uma turbina utilizada no processo de cogeração.

Figura 9. Turbina Geradora



Fonte: TGM, 2008

Para usina de açúcar e álcool esse processo apresenta algumas vantagens, pois esse tipo de planta industrial utiliza-se de caldeira para mover suas moendas de cana através do vapor, as caldeiras utilizadas nestas plantas são desenvolvidas para utilizar como combustível bagaço e palha de cana de açúcar, material abundante em uma usina sucroalcooleira. Esse combustível é obtido no processo de moagem da cana para extração do caldo utilizado na produção de açúcar e álcool, o volume de biomassa gerada acaba sendo um problema para as usinas onde a parte que não era utilizada para mover suas máquinas acaba se tornando um passivo ecológico, esse problema foi atenuado com a utilização de uma quantidade maior de biomassa para cogeração de energia para consumo próprio das usinas.

O processo de cogeração de energia no grupo Equipav é semelhante à maior parte dos processos de cogeração. Através da queima do bagaço e palha de cana de açúcar proveniente de sua moagem e colheita mecanizada e também da compra desse material de outras usinas próximas, ela gera energia elétrica, mecânica e térmica.

Esse combustível é queimado em suas três caldeiras que geram cada uma cerca de 60 a 100 toneladas de vapor hora; esse vapor chega à turbina com 65 a 120 bar de pressão e temperatura de 480° a 650° Celsius, o chamado vapor seco, ao passar pelas aletas da turbina o vapor faz com que ocorra a movimentação do eixo da mesma que é transmitido diretamente para o gerado que por sua vez produz energia elétrica necessária para alimentar sua planta industrial, e também vender uma outra parte para as distribuidoras de energia. A estrutura de

caldeiras do Grupo Equipav torna possível que após o mesmo vapor que movimentou as turbinas produtora de energia, siga para sua planta industrial movimentando suas moendas para a extração do caldo de cana e gerem calor para suas torres de destilação de álcool, caracterizando um processo de cogeração.

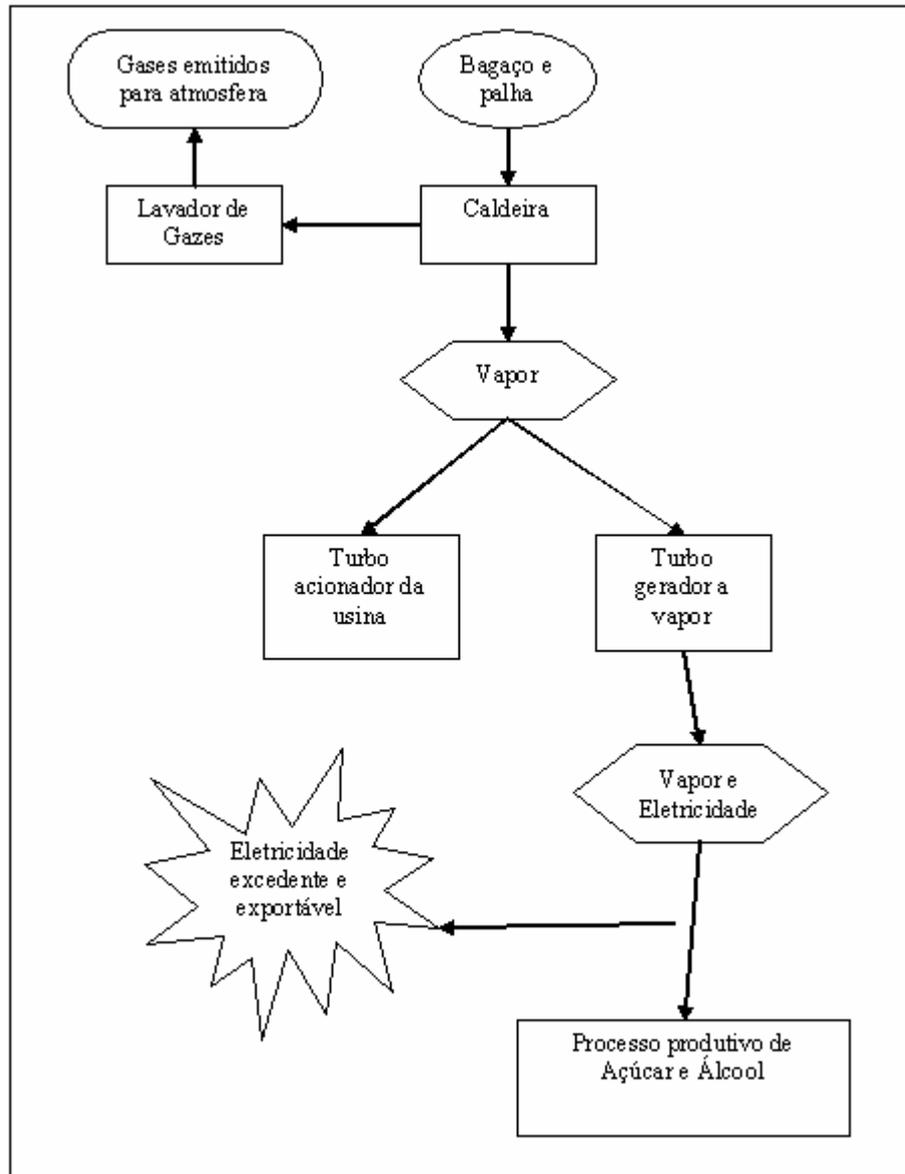
A palha é o resíduo da cana crua que é obtido com a colheita mecanizada, essas máquinas cortam e picam a cana separando as folhas e ponteira da planta, parte dessa palha fica no campo como cobertura de solo outra parte é recolhida e levada para a usina, uma tonelada de cana gera 140 kg de palha que tem 15% de umidade e poder calorífico de 12.750 Kj/Kg, a palha tem grande poder energético, seu uso está despertando interesse, já que a palha fornece poder caloríficos quase 70% maior que poder calorífico do bagaço.

O bagaço é gerado na etapa da moagem para extração do caldo, esse resíduo já é tradicionalmente usado nas usinas, é gerado aproximadamente 280 kg de bagaço por tonelada de cana moída, esse resíduo tem 50% de umidade e pode gerar 7.500 Kj/Kg de bagaço queimado.

A queima do bagaço e da palha de cana de açúcar para obtenção de energia feita pela Equipav, gera gases que devem ser controlados de acordo com as normas da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), a redução da emissão dos gases do efeito estufa é possível com a utilização dessa tecnologia, essa prática rendeu a Equipav a comercialização de um novo produto, que é o crédito de carbono, já que a energia elétrica produzida em sua usina de cogeração é obtida com o uso de combustível renovável em detrimento do uso de combustíveis fósseis.

Outra exigência ambiental é o controle do material particulado, que são as cinzas provenientes da queima da biomassa, esse material particulado não pode ser lançado na atmosfera pelas chaminés das caldeiras, assim é necessário que se instale lavadores de gases e filtros. Esses lavadores pulverizam água sob os gases arrastando o material e diminuindo a temperatura dos gases emitidos, essa água passa por filtros onde são retidas as cinzas e retornam para o sistema, as cinzas retiradas dos gases podem ser utilizadas como adubo orgânico. A seguir pode-se verificar o fluxograma de um processo de cogeração.

Figura 10. Fluxograma de Cogeração



Fonte: Elaboração Própria

CONCLUSÃO

A comercialização de energia elétrica produzida pelos sistemas de cogeração nas usinas sucroalcooleiras deixou de ser a venda de um excedente ocasional para compor o portfólio dos seus produtos.

Como a energia elétrica passou a compor o mix de produtos das usinas, a busca por métodos mais eficientes e produtivos de geração de energia toma papel de destaque nesse setor e contribuindo com o ambiente.

Na escolha deste trabalho, houve uma visão preocupante sobre a cogeração, já que para se obter energia é preciso aumentar o volume de biomassa queimada e conseqüentemente o aumento de CO₂ lançado na atmosfera.

Mas essa visão foi transformada quando começamos a conhecer os processos e constatamos através de pesquisas e visita, onde a substituição da queima da palha no campo pela queima em caldeira é ecologicamente correto, já que a queima da cana-de-açúcar no campo desperdiçava o poder calorífico da palha e ocasionava a emissão de CO₂ sem controle, porem na queima da biomassa em caldeira podemos obter um aproveitamento calórico e é extremamente necessário o controle sobre os gases, além de que os gases emitidos são absorvidos pela cultura da cana, criando assim um ciclo auto-sustentável.

Além da queima ser um problema ambiental que motivou a elaboração da Lei 11.241/02, que prevê a extinção total da queima da cana para colheita até 2031. Biomassa para produção de energia proporciona ainda, a comercialização de crédito de carbono pelas usinas, já que este substituiu a necessidade por uma outra fonte de combustíveis não renováveis.

Concluimos que nosso trabalho deve ser utilizado como uma ferramenta de conscientização da importância do consumo racional de energia, da diversificação de fontes energéticas e principalmente a diminuição da dependência por fontes de combustíveis finitos, priorizando recursos renováveis e sustentáveis. A cogeração pode ser vantajosa tanto para o país, quanto para as empresas, como para o meio ambiente, sendo uma alternativa eficaz.

REFERÊNCIAS

BIOMASSA. Disponível em <<http://www.fcmc.es.gov.br/download/Biomassa.pdf>>. Acesso em: 06 de setembro de 2008.

BRANDAO, Sergio da Silva. **Cogeração. Trabalho no âmbito da cadeira: Produção e Planejamento de Energia Elétrica.** Disponível em: <<http://ssbrandao.no.sapo.pt/Cogeracao.pdf>>. Acesso: 05 de outubro de 2008.

BRASIL. **O Governador do Estado de São Paulo de 2002.** Assembléia Legislativa. Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. Disponível em: <www.legislacao.sp.gov.br>. Acesso em: 28 de setembro de 2008.

COGEN, Associação Paulista de Cogeração de Energia. **A cogeração e o Meio Ambiente.** Disponível em: <<http://www.cogensp.org.br/cogensp/cogera3.htm>> . Acesso em: 07 de dezembro de 2008.

CONANT, Melvin A.; GOLD, Fern Racine. **A geopolítica energética.** Rio de Janeiro, Biblioteca do Exército, 1981.

ENERSUL, Empresa Energética do Mato Grosso do Sul. Disponível em: <http://www.enersul.com.br/energia/pesquisadores_estudantes/pesquisadores_estudantes.asp> Acesso: 13 de maio de 2008.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2008/06/30/materia.2008-60.2785506271/view>>. Acesso em: 05 de julho de 2008.

EQUIPAV, Equipav S/A Açúcar e Álcool . Disponível em: <www.grupoequipav.com.br> . Acesso em: 18 de maio de 2008.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Hollanda. **Dicionário Aurélio básico da língua portuguesa.** Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1988.

FUTURAS, Colapso energético no Brasil e alternativas. Brasília, 155p. 2001. (Ação parlamentar, 141).

KOBLITZ Engenharia. Disponível em: <<http://www.koblitz.com.br>>. Acesso em: 13 de julho de 2008.

NETO, José Campanari. **Cogeração abre caminho para a alta pressão no setor.** Disponível em: <<http://www.procana.com.br/pdf/150/%5CTECINDL.pdf>>. Acesso em: 17 de Agosto de 2008.

ÓTAVIO, Luiz. **A geração de energia elétrica no setor sucro-alcooleiro.** Disponível em: <<http://www.simtec.com.br/palestras/simcoger2007.htm> >. Acesso em: 16 de agosto de 2008.

PRÓALCOOL, Programa Brasileiro de Álcool. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm> > Acesso em: 17 de agosto de 2008.

RUIZ, Manoel. **Proálcool e seu desenvolvimento.** Disponível em: <<http://www.sociedadedigital.com.br/artigo.php?artigo=180>> . Acesso em: 23 de novembro de 2008.

SUANI, Teixeira Coelho. **Mecanismos para implementação da cogeração de eletricidade a partir de biomassa. Um modelo para o estado de São Paulo.** Disponível em <<http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/1999/teses/suani.PDF>> . Acesso em: 21 de setembro de 2008.

TGM, Turbinas. Disponível em: <www.tgmturbinas.com.br> . Acesso em: 21 de setembro de 2008.

UNICA, União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. Disponível em: <www.unica.com.br>. Acesso em: 30 de agosto de 2008.

WATANAB, Roberto Massaru. **Energia Elétrica.** Disponível em: <<http://www.ebanataw.com.br/roberto/energia/index.php>>. Acesso em: 13 de setembro de 2008.

ANEXO A - ELIMINAÇÃO GRADATIVA DA QUEIMA DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002.

Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas.

O GOVERNADOR DO ESTADO DE SÃO PAULO:

Faço saber que a Assembléia Legislativa decreta e eu promulgo a seguinte lei:

Artigo 1º - Esta lei dispõe sobre a eliminação do uso do fogo como método despalhador e facilitador do corte da cana-de-açúcar.

Artigo 2º - Os plantadores de cana-de-açúcar que utilizem como método de pré-colheita a queima da palha são obrigados a tomar as providências necessárias para reduzir a prática, observadas as seguintes tabelas:

ANO	ÁREA MECANIZÁVEL ONDE NÃO SE PODE EFETUAR A QUEIMA	PERCENTAGEM DE ELIMINAÇÃO DA QUEIMA
1º ano (2002)	20% da área cortada	20% da queima eliminada
5º ano (2006)	30% da área cortada	30% da queima eliminada
10º ano (2011)	50% da área cortada	50% da queima eliminada
15º ano (2016)	80% da área cortada	80% da queima eliminada
20º ano (2021)	100% da área cortada	Eliminação total da queima

ANO	ÁREA NÃO MECANIZÁVEL, COM DECLIVIDADE SUPERIOR A 12% E/OU MENOR DE 150há (cento e cinquenta hectares), ONDE NÃO SE PODE EFETUAR A QUEIMA	PERCENTAGEM DE ELIMINAÇÃO DA QUEIMA
10º ano (2011)	10% da área cortada	10% da queima eliminada
15º ano (2016)	20% da área cortada	20% da queima eliminada
20º ano (2021)	30% da área cortada	30% da queima eliminada
25º ano (2026)	50% da área cortada	50% da queima eliminada
30º ano (2031)	100% da área cortada	100% da queima eliminada

§ 1º - Para os efeitos desta lei consideram-se:

1 - áreas mecanizáveis: as plantações em terrenos acima de 150 ha (cento e cinquenta hectares), com declividade igual ou inferior a 12% (doze por cento), em solos com estruturas que permitam a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana;

2 - áreas não mecanizáveis: as plantações em terrenos com declividade superior a 12% (doze por cento), em demais áreas com estrutura de solo que inviabilizem a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana.

§ 2º - Aplica-se o disposto neste artigo às áreas de cada imóvel rural, independentemente de estar vinculado a unidade agroindustrial.

§ 3º - As áreas cultivadas em que se deixar de empregar o fogo poderão ser substituídas por outras áreas cultivadas pelo mesmo fornecedor ou pela mesma unidade agroindustrial, desde que respeitado o percentual estabelecido no "caput" deste artigo.

Artigo 3º - Os canaviais plantados a partir da data da publicação desta lei, ainda que decorrentes da expansão dos então existentes, ficarão sujeitos ao disposto no artigo 2º.

Parágrafo único - Não se considera expansão a reforma de canaviais existentes anteriormente à publicação desta lei.

Artigo 4º - Não se fará a queima da palha da cana-de-açúcar a menos de:

I - 1 (um) quilômetro do perímetro da área urbana definida por lei municipal e das reservas e áreas tradicionalmente ocupadas por indígenas;

II - 100 (cem) metros do limite das áreas de domínio de subestações de energia elétrica;

III - 50 (cinquenta) metros contados ao redor do limite de estação ecológica, de reserva biológica, de parques e demais unidades de conservação estabelecidos em atos do poder federal, estadual ou municipal e de refúgio da vida silvestre, conforme as definições da Lei federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000;

IV - 25 (vinte e cinco) metros ao redor do limite das áreas de domínio das estações de telecomunicações;

V - 15 (quinze) metros ao longo dos limites das faixas de segurança das linhas de transmissão e de distribuição de energia elétrica;

VI - 15 (quinze) metros ao longo do limite das áreas de domínio de ferrovias e rodovias federais e estaduais.

Parágrafo único - A partir dos limites previstos nos incisos anteriores, deverão ser preparados, ao redor da área a ser submetida ao fogo, aceiros de, no mínimo, 3 (três) metros, mantidos limpos e não cultivados, devendo a largura ser ampliada, quando as condições ambientais, incluídas as climáticas, e as condições topográficas exigirem tal ampliação.

Artigo 5º - O responsável pela queima deverá:

I - realizar a queima preferencialmente no período noturno, compreendido entre o pôr e o nascer do sol, evitando-se os períodos de temperatura mais elevada e respeitando-se as condições dos ventos predominantes no momento da operação de forma a facilitar a dispersão da fumaça e minimizar eventuais incômodos à população;

II - dar ciência formal e inequívoca aos confrontantes, por si ou por seus prepostos, da intenção de realizar a queima controlada, com o esclarecimento de que, oportunamente, a operação será confirmada com indicação de data, hora de início e local;

III - dar ciência formal, com antecedência mínima de 96 (noventa e seis) horas, da data, horário e local da queima aos lindeiros e às unidades locais da autoridade do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais - DEPRN;

IV - quando for o caso, sinalizar adequadamente as estradas municipais e vicinais, conforme determinação do órgão responsável pela estrada;

V - manter equipes de vigilância adequadamente treinadas e equipadas para o controle da propagação do fogo, com todos os petrechos de segurança pessoal necessários;

VI - providenciar o acompanhamento de toda a operação de queima, até sua extinção, com vistas à adoção de medidas adequadas de contenção do fogo na área definida para o emprego do fogo.

Parágrafo único - É vedado o emprego do fogo, numa única operação de queima, em área contígua superior a 500 ha (quinhentos hectares), independentemente de o requerimento ter sido feito de forma individual, coletiva ou por agroindústria.

Artigo 6º - O requerimento de autorização, para cada imóvel, independentemente de estar vinculado a agroindústria, deve ser instruído nos termos do regulamento.

§ 1º - Sendo contíguos os imóveis, o requerimento de autorização pode ser instruído com uma única planta, observadas as exigências fixadas, sendo que cada imóvel deverá ser referido à respectiva matrícula ou ao documento imobiliário a que corresponder.

§ 2º - Considera-se comunicação de queima controlada de palha de cana-de-açúcar o documento subscrito pelo interessado no emprego do fogo para despalhamento da cana-de-açúcar, mediante o qual dá ciência à autoridade ambiental, ou ao órgão regional que esta determinar competente, de que cumpriu os requisitos e as exigências do artigo 4º da Lei nº 10.547, de 2 de maio de 2000, e desta lei.

§ 3º - O requerimento para a queima pode ser apresentado individualmente pelo titular do imóvel, por grupo de titulares ou por agroindústria que mantenha com o mesmo titular, ou diversos titulares, contrato de arrendamento, parceria ou outro instrumento hábil a garantir o fornecimento de cana-de-açúcar para suas atividades.

§ 4º - No caso de grupo de titulares, o documento poderá ser subscrito pela associação de fornecedores de cana-de-açúcar da região onde se insere a área objeto da queima, ficando os associados responsáveis pelo cumprimento das exigências legais e a entidade apenas pela apresentação dos documentos necessários à instrução do requerimento.

§ 5º - Excepcionado o disposto no parágrafo anterior, caso o requerimento seja feito por grupo de titulares ou por agroindústria, cabe ao interessado subscrever a comunicação de queima controlada.

§ 6º - O requerimento será instruído com procuração específica, quando efetuado por terceiro, pessoa física ou jurídica.

Artigo 7º - A autoridade ambiental determinará a suspensão da queima quando:

I - constatados e comprovados risco de vida humana, danos ambientais ou condições meteorológicas desfavoráveis;

II - a qualidade do ar atingir comprovadamente índices prejudiciais à saúde humana, constatados segundo o fixado no ordenamento legal vigente;

III - os níveis de fumaça originados da queima, comprovadamente, comprometam ou coloquem em risco as operações aeronáuticas, rodoviárias e de outros meios de transporte.

Artigo 8º - Os requerimentos para a queima devem ser protocolados até o dia 2 de abril de cada ano, na unidade do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais - DEPRN que atender a respectiva região.

§ 1º - A autorização será expedida:

1 - no prazo de 15 (quinze) dias úteis, a contar da data em que for protocolado o requerimento, salvo se houver exigência a ser cumprida, que deverá ser comunicada ao interessado por escrito, no prazo de 10 (dez) dias úteis, a contar da data do protocolo;

2 - no prazo de 15 (quinze) dias úteis, a contar da data do cumprimento da exigência a que se refere o item anterior;

3 - expirados os prazos constantes neste parágrafo, considera-se automaticamente concedida a respectiva autorização, independentemente de sua comunicação ou de qualquer outra manifestação da autoridade ao requerente.

§ 2º - O requerimento de que trata o "caput" deste artigo poderá ser enviado por meios de comunicação eletrônicos.

Artigo 9º - A Secretaria de Agricultura e Abastecimento manterá cadastro das colheitadeiras disponíveis, por tipo, capacidade, idade e outros elementos essenciais, bem como de todas as novas colheitadeiras ou equipamentos ligados à operação.

Artigo 10 - O Poder Executivo, com a participação e colaboração dos Municípios onde se localizam as agroindústrias canavieiras e dos sindicatos rurais, criará programas visando:

I - à requalificação profissional dos trabalhadores, desenvolvida de forma conjunta com os respectivos sindicatos das categorias envolvidas, em estreita parceria de metas e custos;

II - à apresentação de alternativas aos impactos sócio-político-econômicos e culturais decorrentes da eliminação da queima da palha da cana-de-açúcar;

III - ao desenvolvimento de novos equipamentos que não impliquem dispensa de elevado número de trabalhadores para a colheita da cana-de-açúcar;

IV - ao aproveitamento energético da queima da palha da cana-de-açúcar, de modo a possibilitar a venda do excedente ao sistema de distribuição de energia elétrica.

Artigo 11 - A Secretaria de Agricultura e Abastecimento, através dos órgãos e dos Conselhos Municipais e Câmaras Setoriais da Cana-de-Açúcar, com a participação das demais Secretarias envolvidas, acompanhará a modernização das atividades e a avaliação dos impactos da queima sobre a competitividade e ocorrências na cadeia produtiva.

Artigo 12 - A Secretaria de Agricultura e Abastecimento, ouvida a Secretaria do Meio Ambiente, deverá autorizar, excepcionalmente, a queima da palha da cana-de-açúcar, com base em estudos técnico-científicos, como instrumento fitossanitário.

Artigo 13 - O não cumprimento do disposto nesta lei sujeita o infrator, pessoa física ou jurídica, às sanções e penalidades previstas na legislação.

Artigo 14 - O inciso IV e o § 1º do artigo 1º da Lei nº 10.547, de 2 de maio de 2000, passam a ter a seguinte redação:

"IV - no limite da linha que simultaneamente corresponda:

a) à área definida pela circunferência de raio igual a 6.000 (seis mil) metros, tendo como ponto de referência o centro geométrico da pista de pouso e decolagem do aeroporto público; (NR)

b) à área cuja linha perimetral é definida a partir da linha que delimita a área patrimonial do aeroporto público, dela distanciando no mínimo 2.000 (dois mil) metros, externamente, em qualquer de seus pontos. (NR)

§ 1º - Quando se tratar de aeroporto público que opere somente nas condições visuais diurnas (VFR) e a queima se realizar no período noturno compreendido entre o pôr do sol e o nascer do sol, será observado apenas o limite de que trata a alínea "b" do inciso IV." (NR)

Artigo 15 - Esta lei será regulamentada no prazo de 60 (sessenta) dias.

Artigo 16 - Esta lei e suas disposições transitórias entram em vigor na data de sua publicação, ficando revogados o § 2º do artigo 1º e os artigos 16 e 17 da Lei nº 10.547, de 2 de maio de 2000.

DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS

Artigo 1º - Os plantadores de cana-de-açúcar que não atingirem, até 31 de dezembro de 2006, o percentual estabelecido de 30% (trinta por cento) de redução da queima na área mecanizável deverão apresentar à Secretaria do Meio Ambiente, no prazo de 90 (noventa) dias daquela data, plano de adequação para elaboração do Compromisso de Ajustamento de Conduta, de modo a atender a meta estabelecida no artigo 2º desta lei, resguardados os impactos sócio-político-econômicos e ambientais.

Artigo 2º - O cumprimento dos prazos para eliminação da queima em áreas não mecanizáveis, estabelecidos no artigo 2º desta lei, fica condicionado à disponibilidade de máquinas e equipamentos convencionais que permitam o corte mecânico em condições econômicas nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar, sem restrições de declividade superior a 12% (doze por cento) ou de estruturas de solos.

Artigo 3º - A partir de 2006, quinquenalmente, deverão os prazos constantes do artigo 2º desta lei, referentes às áreas não mecanizáveis, serem reavaliados de acordo com o desenvolvimento tecnológico que viabilize novas máquinas, para a colheita mecânica, sem descuidar do aspecto social econômico, preservando-se a competitividade da agroindústria da cana-de-açúcar paulista frente a dos demais Estados produtores.

Parágrafo único - As áreas que passarem a ser consideradas mecanizáveis em função da revisão do conceito de que trata o "caput" deste artigo deverão submeter-se ao cronograma previsto em tabela constante do artigo 2º desta lei.

Palácio dos Bandeirantes, aos 19 de setembro de 2002.

Geraldo Alckmin

Lourival Carmo Monaco

Respondendo pelo expediente da Secretaria de Agricultura e Abastecimento

José Goldemberg

Secretário do Meio Ambiente

Rubens Lara

Secretário-Chefe da Casa Civil

Dalmo Nogueira Filho

Secretário do Governo e Gestão Estratégica

Publicada na Assessoria Técnico-Legislativa, aos 19 de setembro de 2002.

Regulamentada pelo Decreto nº 47.700, de 11/03/2003

Vide Decreto nº 48.594, de 08/04/2004

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO

- 1- O que motivou a Equipav a produzir energia através do bagaço de cana?
- 2- Houve dificuldade aquisição dos equipamentos, foram encontrados no Brasil ou Importados?
- 3- Como é o processo de venda da energia?
- 4- Qual a vida útil dos equipamentos?
- 5- O projeto é viável para o comércio de energia?
- 6- Houve barreiras ambientais de órgãos competentes?
- 7- A usina tem potencial para comercializar créditos de carbono? A partir de qual processo?
- 8- O processo de cogeração de energia segue o ciclo de produção da usina?
- 9- O bagaço para a cogeração é suficiente, é necessário comprar mais?
- 10- Qual era o destino do bagaço antes da cogeração de energia?
- 11- O processo de cogeração de energia é independente (financeiramente) da usina?
- 12- Qual o nível de tecnologia utiliza na cogeração?
- 13- A Equipav faz briquete com o bagaço?
- 14- O que acontece com as torres de transmissão se a Equipav para de gerar energia?
- 15- Existe set-up na cogeração de energia, existe etapa manual ou mecânica?
- 16- Qual a capacidade diária de geração de energia?
- 17- Houve alterações na estrutura da Equipav para instalação da cogeneradora de energia?