



1290000516



IE

TCC/UNICAMP R523g

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE ECONOMIA



MONOGRAFIA

Geração de Energia Elétrica a partir do Eucalipto (Caso Projeto WBP/
SIGAME)

Júlio César Fonseca Rivelli

Monografia apresentada ao Instituto de
Economia da Universidade Estadual de
Campinas sob a orientação do Prof. Dr.
Bastiaan Philip Reydon,

**CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO
INSTITUTO DE ECONOMIA
UNICAMP**

Campinas, 2000

**TCC/UNICAMP
R523g
IE/516**

CEDOC/IE

Índice

Introdução.....	1
Capítulo 1	
Rápida consideração sobre energia no mundo.....	3
1.1 Considerações sobre o consumo de energia elétrica no Brasil.....	6
1.1.1 Energia elétrica.....	8
1.2 Perspectivas da biomassa no Brasil.....	12
Capítulo 2	
O Sistema Integrado de Gaseificação de Madeira Para	
Produção de eletricidade – SIGAME.....	17
2.1 Característica da Usina.....	19
2.2 Descrição Simplificada do Processo.....	20
2.3 Fluxograma Simplificado do Processo.....	23
2.4 Usina de demonstração.....	24
2.4.1 Vista Geral.....	24
2.4.2 Vista do Patio de Madeira.....	25
2.4.3 Cavacos Utilizados para Gaseificação e Eucalipto Brasileiro.....	25
Capítulo 3	
Impactos Ambientais.....	26
3.1 Vantagens sobre as hidroelétricas.....	28
3.2 Uma nova commodity ambiental.....	29
Capítulo 4	
Custos e Comparativo.....	33

4.1 Custos Florestais.....	33
4.2 Custos de Investimento.....	35
4.3 Custo Final da Energia.....	35
4.4 Comparativos.....	37
Capítulo 5	
Conclusão.....	40
Bibliografia.....	43

Introdução

Está cada vez mais presente nas pessoas, neste início de século XXI, tanto nos países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento, a preocupação com a questão energética. Isto porque a energia faz parte do cotidiano das pessoas, não há como pensar na vida sem ela. Essa preocupação é acentuada pelas consequências dramáticas de fenômenos aleatórios como, crises de abastecimento, altas súbitas do preço do petróleo, alguns acidentes nucleares e principalmente pela crescente e assustadora poluição atmosférica gerada pela queima de combustíveis fósseis.

Preocupado com a questão ambiental e com o esgotamento das fontes não renováveis de energia, este trabalho pretende demonstrar a viabilidade de um projeto de geração de energia elétrica através do uso de uma fonte renovável e com um atrativo ambiental muito forte quanto a questão do seqüestro do ciclo do carbono.

Neste trabalho a fonte renovável de geração de energia elétrica é a madeira (biomassa florestal), ou seja, a utilização de florestas de eucaliptos especificamente plantadas para ser insumo desta forma de geração de eletricidade. (podendo ainda ser utilizado resíduos de operações industriais florestais, como serrarias, celulose e etc.) O processo utilizado é o chamado: Gaseificação Integrada a uma Turbina a Gás, operando em ciclo combinado (Tecnologia BIG-GT, Biomass Integrated Gaseification – Gas Turbine).

Esse processo procura demonstrar a viabilidade comercial, que está sendo estudado em vários países, e também ambiental, quanto à questão do ciclo do carbono e impacto ao ecossistema. São nestas questões que este trabalho estará centrado, e assim dividido: No primeiro capítulo apresento uma visão muito geral da questão energética no mundo e no Brasil, principalmente no século XX, ressaltando as fontes de geração de energia elétrica no Brasil e um quadro do uso da biomassa no país; no segundo capítulo descrevo simplificadaamente as fases de produção e as características da usina; no terceiro capítulo faço considerações sobre os impactos ambientais do projeto, que é o principal diferencial, pois apresenta ciclo neutro em relação ao carbono, e também apresento uma discussão sobre um futuro mercado de carbono; no quarto capítulo apresento um estudo dos custos para produção, ressaltando que é um projeto, e os resultados por melhores estudados que estejam, são estimados e comparo o custo da geração do projeto com o custo de geração de outras formas em locais de competitividade possíveis; no quinto capítulo uma breve conclusão, ressaltando os custos mais caros da geração através do projeto, porém, colocando em evidência as suas virtudes da fixação da mão-de-obra no campo e geração de energia ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável.

Capítulo 1

Rápida consideração sobre energia no mundo

Em decorrência da preocupação mundial com a questão energética e analisando que o quadro mundial de consumo e reservas conhecidas de energia não-renováveis no final do século XX, apresentam, em geral, fortes desigualdades, é que se explica o grande comércio internacional de carvão, linhito, petróleo, gás natural e urânio. (LEITE, 1997, p. 19)

A questão energética assume o caráter de desafio para os países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, quando se constata que os 850 milhões de habitantes das nações desenvolvidas de economia de mercado consomem mais da metade da energia do mundo, e que esta já atinge mais de oito bilhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEP)¹ por ano. Ver Tabela I

Tabela I

**Consumo de Energia e População
1990**

Regiões	Energia em milhões de TEP	Em %	População em milhões de hab.	Em %
Nações desenvolvidas	4.112	50	852	16
Antiga URSS, Europa Central e do Leste	1.724	20	413	8
Nações em desenvolvimento	2.459	30	4.005	76
TOTAL	8,295	100	5.270	100

Fonte: Commission of European Communities, A view of the future, 1992

E a prevalecer a atual estrutura da economia internacional, o que é provável, a metade mais pobre da população mundial não deverá atingir nem mesmo um nível mínimo de condição material de vida e de consumo de energia, no horizonte previsível. Em contrapartida, algumas ou muitas nações em desenvolvimento, entre as quais o Brasil, conseguirão romper o teto da pobreza e passarão a ser maiores consumidores de energia. Nesses países

1 Equivalente entre várias formas de energia:

A conversão das quantidades das diversas formas de energia para seu equivalente em petróleo não pode ser precisa devido à diferença entre as eficiências dos variados processos de transformação e utilização. Quando se considera apenas combustíveis, a diferença entre os principais critérios não é relevante. A grande dificuldade reside na equivalência entre energia elétrica em petróleo e, em consequência, entre energia hidráulica e o petróleo, uma vez que passa pela fase elétrica. Dois critérios podem ser utilizados:

a) avalia-se em função da possível produção de calor pela energia elétrica, em substituição ao petróleo ou carvão, o que seria traduzido pela relação teórica de 860 kcal/kWh, o que equivale a 0,08 TEP/MWh.

b) avalia-se em função do consumo de petróleo necessário para gerar energia elétrica em uma usina termelétrica, o que corresponderia à cerca de 0,29 TEP/MWh

Dada a baixa eficiência da produção de calor, via energia elétrica, o primeiro critério subestima a importância desta última, no balanço energético.

As tabelas das Nações Unidas e outros organismos internacionais utilizam o primeiro critério, ao passo que no Brasil temos utilizado o segundo. A escolha do critério é relevante quando se quer comparar a quota-parte de cada recurso específico no consumo total de energia, entre países que usam grande parte de energia hidrelétrica como o Brasil e o Canadá. (LEITE, 1997, p 383)

ninguém pensa na hipótese de atingir o padrão dos Estados Unidos ou da Comunidade Européia, que tornaria a demanda de energia provavelmente incompatível com os recursos energéticos globais da Terra, pelo menos no atual estágio tecnológico. O paradigma histórico do desenvolvimento das nações industrializadas que hoje ocupam o topo das economias mais desenvolvidas, não deverá repetir-se.

Na Revolução Industrial que requereu profundas modificações no uso da energia. Como procurou evidenciar Baumol, (1989, p 212)

"A Revolução Industrial trouxe consigo crescente demanda de energia e matérias-primas que o mundo nunca tinha visto; e o fantástico ritmo de expansão continuou através do século XX. Foi estimado, por exemplo, que nas primeiras duas décadas do século XX a humanidade consumiu mais energia do que havia feito em todos os séculos anteriores de sua existência. Durante as duas décadas subseqüentes nós de novo utilizamos mais energia do que na totalidade do passado. Além disso, uma constatação similar manteve-se para cada período subseqüente de 20 anos."

Este fato obviamente não há de se repetir daqui para frente, mas a crescente demanda mundial de energia elétrica é um fato inegável. E "... a dispersão da industrialização, no século passado, tinha como seu núcleo a conquista de uma seqüência de tecnologias, baseada em uma sucessão de combustíveis fósseis – carvão, petróleo, gás natural – e, no século XX, a conversão de combustíveis e energia hidráulica em uma nova forma de energia, a eletricidade." (Rosemberg, 1982, p 81)

Portanto a energia elétrica foi precedida pelo petróleo porque a sua versatilidade e seus derivados, a facilidade do seu manuseio e transporte, o

seu preço e a não preocupação com a questão ambiental, foram suficientes para a sua crescente importância relativa no século XX. Até que a Organização dos Países Exportadores de Petróleo, OPEP, um poderoso cartel, resolveu aumentar muito o preço internacional do petróleo, em 1973 e em 1979. Foram os chamados “choques do petróleo”. A partir daí ocorreram significativos ajustes de demanda, de produção e de substituição entre recursos energéticos alternativos.

Neste cenário de final do século XX e início do século XXI, em que o consumo de energia elétrica se faz imprescindível ao crescimento e desenvolvimento econômico dos países, e a questão da qualidade do insumo utilizado para a produção desta energia se coloca de maneira fundamental quanto à questão da preservação ambiental. A utilização de fontes alternativas renováveis de geração de energia elétrica é um caminho já definido e está sendo explorado.

1.1 Considerações sobre o consumo de energia elétrica no Brasil

O consumo per capita de energia no Brasil tem crescido à taxa de 2,2 % ao ano nos últimos anos, mas o país não precisa repetir a trajetória dos países hoje industrializados, nos quais o elevado consumo de energia resultou em sérios problemas ambientais. Ao crescer economicamente e se desenvolver, o

Brasil pode adotar tecnologias mais eficientes e não poluentes. (Goldemberg, 2000, pg 38).

Então, por isso, analisando a eficiência energética, que é medida pela razão da energia consumida por unidade de produto interno bruto (E/PIB), cuja evolução desde 1970 mostra um crescimento a uma taxa de 0,3% ao ano, devido ao aumento da produção industrial de alto conteúdo energético, como aço, alumínio e outros, observamos que o cenário não é animador. E levou o país a realizar esforços no sentido de melhorar o consumo de energia elétrica. Os principais esforços na área de racionalização e conservação de energia tem sido feitos pelo Procel (Programa de Conservação de Eletricidade) da Eletrobrás, através de melhorias na eficiência da iluminação pública residencial, refrigeração, ar condicionado, aquecimento de água e motores elétricos. No período de 1986 a 1997, o Procel investiu US\$ 235 milhões que resultaram em economias de 5,6 terawatts.hora (TWh), correspondendo a investimentos evitados de R\$ 2,56 bilhões. Contudo, as metas do Procel são muito ambiciosas e poderiam resultar em economias de 50 TWh no ano de 2010, para um consumo previsto de 590 TWh (cerca de 8% do total) (Goldemberg, 2000, pg 42)

A preocupação com a racionalidade do consumo e a conservação de energia elétrica no país, são questões importantes para se pensar nas melhores formas de geração futura de energia elétrica. Para isso fazemos uma análise superficial da situação atual destas formas como: a hidrelétrica; a termoelétrica a gás natural; a eólica; a fotovoltaica; a nuclear e a biomassa. Essa ultima forma merecerá um item à parte por se tratar do objeto central deste trabalho.

1.1.1 Energia elétrica

A geração de energia elétrica através de hidroelétricas, é uma forma de geração através de fonte renovável, mas os impactos ambientais e sociais de construção de usinas podem ser substanciais. Contudo, é claramente melhor do que as fontes fósseis de energia, responsáveis por problemas de poluição local, como emissão de partículas e chuvas ácidas. A potência hidroelétrica instalada em 1998 era de 74,8 gigawatts e a energia produzida era de 306.989 gigawatts/hora. Para efeito de comparação, se essa energia fosse produzida a partir do petróleo ou do carvão, como ocorre nos países da Europa e nos Estados Unidos, seria necessário o consumo adicional de 95.925.000 TEP. As reservas nacionais medidas de recursos hidroelétricos são de 185,8 gigawatts e as estimadas atingem 286,8 gigawatts. Se o consumo continuar crescer a uma taxa de 7,5% ao ano, como ocorreu no período de grande desenvolvimento econômico, os recursos hidroelétricos brasileiros deverão continuar a representar um importante papel nos próximos 50 anos. Mas, em razões decrescentes. (Goldemberg, 2000, pg. 44)

O gás natural usado como fonte para geração de energia elétrica apesar de não ser uma fonte de energia renovável, possui muitas vantagens sobre os outros tipos de combustíveis fósseis, como o carvão e os derivados de petróleo, pois é livre de impurezas como o enxofre e partículas.

A partir de 1949, com a instalação pioneira da turbina estacionária que gerava 3.5 MW com eficiência 16% até as de ciclo combinado que alcançam 55 % de eficiência, em 1995 a sua utilização cresceu muito nos países

industrializados. Também influiu muito para esse crescimento o aumento da disponibilidade do gás natural. (LEITE, 1997, p. 141)²

O gás natural representa um caminho para suprir o aumento da demanda de energia elétrica, porque as oportunidades de gerar hidroeletricidade vão se tornar menos atrativas, na medida em que as usinas se localizem cada vez mais distantes dos centros consumidores. E com a importação de gás da Bolívia e Argentina, estima-se que dentro de 10 anos serão instalados no Brasil, mais de 10 milhões de kilowatts de usinas termelétricas, consumindo gás natural.

A energia eólica está se mostrando bastante competitiva, e acredita-se que 50 MW/ano serão instalados até 2010, e 100 MW/ano daí em diante atingindo 200 MW/ano em 2015. As oportunidades de utilização de forma eficiente da geração eólica dependem da existência de um regime de ventos adequado, e da existência de baterias de acumulação da energia elétrica. Devido justamente a sua dependência de fenômenos naturais, esse tipo de geração só pode ocorrer em parte do Brasil, principalmente na região nordeste. A contribuição total desta fonte poderia representar cerca de 2000 MW até o ano de 2015.

A energia fotovoltaica também deve acompanhar a evolução prevista para energia eólica. O custo do investimento, neste caso ainda é muito alto, porém a ação de empresas fabricantes de células fotovoltaicas interessadas em criar mercados e os subsídios decorrentes do Protocolo de Kyoto poderão abrir caminho para esta fonte.

² Essa eficiência é medida em função do aproveitamento da fonte geradora em relação sua capacidade de produção.

A utilização desta energia para aquecimento de água é uma exceção, já que pode ser introduzida sem problemas técnicos em residências e outros ambientes. No caso do Brasil, o aquecimento por via solar direta teria papel relevante, porque poderia substituir em parte, a carga representada pelos chuveiros elétricos, cujo consumo é estimado em mais de 2% do consumo total nacional. (LEITE, 1997, p 353)

A energia nuclear teve uma grande aceitação para usos pacíficos, e poucos países, como os Estados Unidos, a URSS, o Reino Unido, a França, e depois o Canadá, a Alemanha, a Índia, a China e o Japão a dominaram. Após o domínio, construíram usinas de geração de energia elétrica, que a princípio não poluíam o meio ambiente, só traziam os riscos de acidentes decorrentes de possíveis vazamentos de material radioativo. Depois de catástrofes como a ocorrida em Chernobyl, na Ucrânia, e com a experiência adquirida em cinquenta anos na construção e operação de reatores, intensificaram-se os esforços nos Estados Unidos, Europa e Japão, no sentido de uma maior segurança. Os trabalhos estão concentrados em uma segunda geração de reatores, que deve entrar em linha de produção comercial no princípio do século XXI.

Podemos observar pela Tabela II, que a maioria das usinas construídas estão localizadas nos países da OECD, e a maioria das usinas em construção estão localizadas na Ex-URSS e no Leste Europeu.

Tabela II

**Distribuição das centrais nucleares
1995**

Regiões	Usinas em operação			Usinas em construção		
	Numero	Gwe	%	Numero	Gwe	%
OECD	330	274	81	11	13	33
Ex URSS/Leste	66	44	13	21	16	41
Outros	36	22	6	16	10	26
Total	482	340	100	48	39	100

Fonte: Nuclen 1995

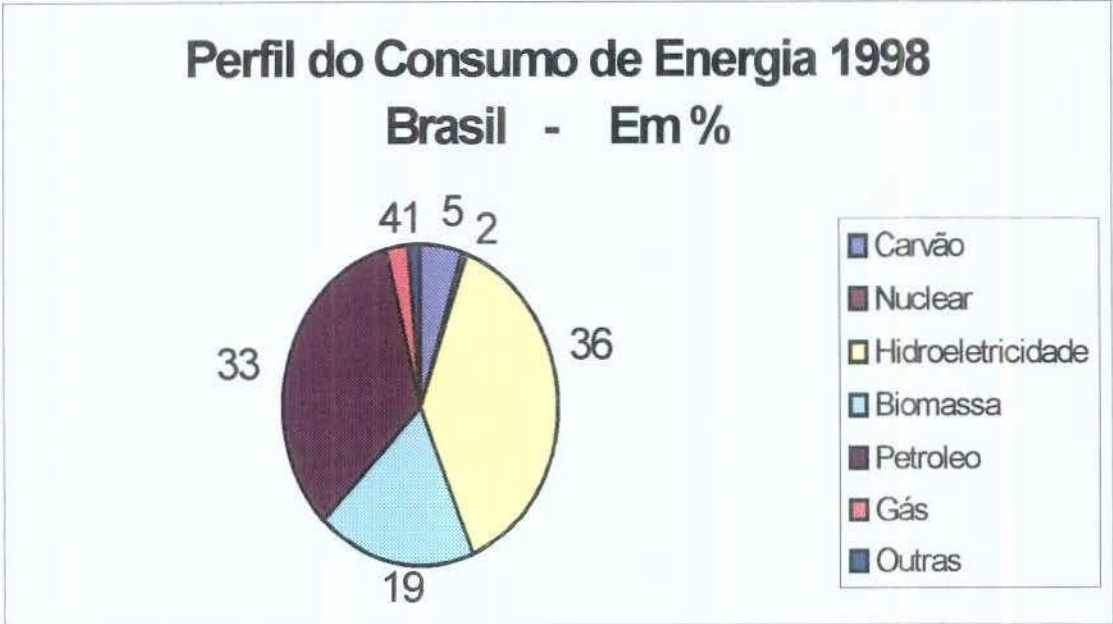
Apesar do progresso tecnológico ocorrido neste período, o problema dos resíduos radioativos do combustível utilizado, ainda continuam sem uma solução satisfatória, criando inclusive problemas de política internacional a respeito do transporte e da escolha dos locais de depósito.

Mas a questão nuclear tem objetivos que vão além da geração de energia elétrica, portanto é de fundamental importância para o país estar a par e desenvolver tecnologias de dominação deste tipo de energia que futuramente pode vir a ser uma grande fonte energia realmente limpa.

1.2. Perspectivas da biomassa no Brasil

A energia de biomassa representa uma importante contribuição ao consumo de energia no Brasil. Em 1998 a lenha, (carvão vegetal e lenha caseira), ainda constituía 9% do consumo, enquanto produtos da cana-de-açúcar, (bagaço e álcool), correspondiam a 10%. O consumo de lenha, utilizada em tecnologias primitivas, sobretudo em zonas rurais e pequenas indústrias, está diminuindo, sendo substituído pelo uso de biomassa proveniente, principalmente, da cana-de-açúcar. Como podemos ver na Tabela III, a participação da cana-de-açúcar mais a lenha no consumo total de energia do Brasil é muito relevante.

Tabela III



Fonte: Balanço Energético Nacional 1999

O uso da cana-de-açúcar no Brasil visando a produção de álcool etílico para o transporte em substituição da gasolina, teve início em 1975 com o Proalcool. E em 1996 a produção de cana-de-açúcar atingiu 273 milhões de toneladas, sendo geradas 13,5 milhões de toneladas de açúcar e 13,9 bilhões de litros de álcool (etanol). Aproximadamente 35% da cana de açúcar é utilizada para a produção de açúcar e 65% para a produção de álcool. O total de área plantada de cana-de-açúcar é da ordem de 4,2 milhões de hectares (60% no Estado de São Paulo). O custo do álcool combustível foi o principal obstáculo para sua adoção como substituto para a gasolina. Por volta 1980 o álcool custava em torno de US\$ 700 por tonelada enquanto a gasolina era vendida internacionalmente a US\$ 400 por tonelada. No Brasil, contudo, a gasolina era vendida a preço mais elevado para subsidiar o preço dos outros combustíveis, como o gás liquefeito do petróleo, o óleo diesel e o próprio álcool. Em 1999, o preço do álcool pago aos produtores era inferior a US\$ 200 por tonelada, enquanto que o preço internacional da gasolina estava em torno de US\$ 150 a tonelada. Como os subsídios continuavam, o preço na bomba do posto era menor que o da gasolina, então ainda valia a pena para o consumidor, apesar da venda de carros novos a álcool estar quase parada. O Proalcool é responsável pela geração de 700 mil empregos rurais em todo o país, e exigiu investimentos modestos (cerca de US\$ 20.000 por emprego), quando comparado com custos para a criação de empregos industriais. (Goldemberg, 2000, p. 46).

A cogeração de energia elétrica na produção industrial do álcool no Brasil, reduz os danos ao meio ambiente e poderia ser aumentada

significativamente se o desenvolvimento tecnológico levasse ao uso dos resíduos da cana-de-açúcar, além do bagaço, para a geração de energia elétrica. A quantidade de resíduos estimada é de quase 40 milhões de toneladas de matéria seca, e uma porção importante dela poderia ser usada. Em média 280 kg de bagaço (que contém 50% de mistura) são produzidos por tonelada de cana, que são equivalentes a 2,1 gigajoule/tonelada; 90% do bagaço é queimado para vapor (450 a 500 kg de vapor podem ser gerados de uma tonelada de cana). Este por sua vez pode ser usado para cogear eletricidade e potência mecânica para os motores da usina. Hoje já existe um projeto de geração de energia elétrica a partir do bagaço da cana, que vai usar o mesmo esquema de geração apresentado neste trabalho, (ciclo combinado), que está sendo operado pela Copersucar, no município de Piracicaba – SP.

A biomassa vegetal é muito importante quando aproveitada como resíduo, mas há o interesse em gerar energia elétrica através da biomassa florestal especificamente plantada para esse fim. E para isso é preciso considerar vários aspectos técnico - econômicos, ambientais e institucionais.

No aspecto técnico, para a lenha, apresentam-se dois caminhos: a carbonização continua, com vistas à produção simultânea de carvão vegetal e energia elétrica, e a gaseificação associada à turbina a gás, em ciclo combinado, com o objetivo de geração de energia elétrica. (Sendo este último o objeto específico deste trabalho). Ambos dependem, fundamentalmente, da eficiência do segmento florestal e da sua conjugação com a indústria, já que o custo do transporte de matéria-prima é a parte relevante do preço final do carvão ou da energia. Como ocorre com quase todas as técnicas novas, é ainda difícil a competição econômica com outros combustíveis, principalmente

os fósseis, dado que o preço do petróleo está baixo no mercado internacional. Porém já há indícios neste início do ano 2000 de elevação deste preço, que em julho estava sendo vendido a uma média de US\$ 29 o barril, preço quase o dobro do final do ano anterior.

A utilização energética dos produtos da cultura de árvores e de cana-de-açúcar tem o atrativo da sua comparação favorável com os combustíveis fósseis, em termos de emissões de CO₂, e de outros poluentes da atmosfera. Considerando-se os conjuntos canavial-usina-automóvel ou floresta-usina, há equivalência entre as emissões de CO₂ decorrentes da queima do bagaço, do álcool ou da madeira, e o CO₂ seqüestrado da atmosfera pelos vegetais replantados para o ciclo seguinte de produção. Não há portanto contribuição desses conjuntos para o aumento do estoque de carbono na atmosfera. Mas durante a fase de crescimento, na implantação de um novo projeto, há o efeito favorável da absorção de CO₂. E tem sido levantada em função disso, a hipótese de se criar algum mecanismo que, através de penalidade incidente sobre os empreendimentos que excedam limites razoáveis de emissão de CO₂, gere recursos que possam reverter em benefício do empreendimento de plantio de florestas novas. Há é um esforço sob a liderança da Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS), no sentido de estabelecer o Cerflor - Sistema de Certificação de Origem da matéria-prima Florestal -, a ser concedido aos produtos oriundos de manejo sustentável. Embora esta questão se refira, ainda, principalmente às exportações brasileiras de produtos florestais, tem ela efeitos significativos sobre o potencial de geração de energia que é, muitas vezes conjugado à produção de madeira serrada, celulose e de aglomerados.

No lado Institucional, o problema que vinha de muitos anos referente à reposição florestal foi objeto de decisão do Ministério do Meio Ambiente, que através de instrução normativa publicada em setembro de 1996, abre caminho para melhor participação no reflorestamento, com a simplificação do processo burocrático.

Tendo em vista que todos os projetos de geração de energia elétrica, principalmente os de geração de energia renovável, apresentam seus prós e contras. Acredito que o que tem grandes perspectivas de sucesso é o de geração através da biomassa vegetal, no caso o da florestal, através do sistema integrado de gaseificação de madeira de ciclo combinado. Porque apresenta as seguintes características fundamentais: alta eficiência no aproveitamento da energia disponível no combustível; ser uma forma mais limpa de produção de energia elétrica quando comparada às usinas termoelétricas convencionas, neutro em relação ao ciclo de carbono, possui uma planta energética em escala reduzida, se comparada com usinas hidroelétricas, gera muitos empregos diretamente, aumenta a atividade na área rural e está se demonstrando comercialmente viável. Além de poder futuramente, como está se desenhando nos países desenvolvidos, contar com incentivos e benefícios fiscais, devido à produção de energia ecologicamente correta.

Capítulo 2

O Sistema Integrado de Gaseificação de Madeira Para Produção de Eletricidade – SIGAME

O projeto " Brazilian Wood BIG-GT Sistema Integrado de Gaseificação de Madeira para Produção de Eletricidade" (WBP/SIGAME), visa demonstrar a viabilidade comercial da geração de energia elétrica, a partir de madeira (biomassa florestal), através da utilização da tecnologia de gaseificação³ integrada a uma turbina a gás, operando em ciclo combinado (tecnologia BIG-GT, Biomass Integrated Gaseification – Gás Turbine).

O projeto é resultado da soma de interesses de um grupo de empresas e de órgãos do governo brasileiro, (Eletrobrás, Shell, Chesf), no desenvolvimento desta tecnologia com os objetivos de preservação ambiental do Global Environmental Facility (GEF), das Nações Unidas.

A geração de energia elétrica em ciclo combinado vem se mostrando como uma das formas mais adequadas para a produção de termoeletricidade. Estas plantas apresentam alta eficiência no aproveitamento da energia disponível no combustível , além de serem uma forma mais limpa de

3 O processo de gaseificação deste projeto é um processo de retirada do gás combustível da matéria orgânica através de processo de piroses com baixo teor de oxigênio.

produção de energia elétrica quando comparada às usinas termelétricas convencionais. Tais características decorrem do uso conjunto dos ciclos termodinâmicos de Brayton (turbo gerador a gás)⁴ e Rankine (caldeira de recuperação de calor e turbogerador a vapor)⁵, enquanto nas termelétricas convencionais se utiliza apenas o ciclo Rankine.

Como limitação, as plantas de ciclo combinado apresentam a exigência de um combustível que se apresente no estado líquido ou gasoso, e que seja relativamente livre de impurezas, para que possa ser queimado na turbina a gás.

A utilização de combustíveis sólidos (carvão, madeira, bagaço de cana, etc..) em plantas de ciclo combinado, por meio de tecnologias de gaseificação, mostra-se como tendência dominante no cenário mundial. Os maiores investimentos nesta área tem sido feitos visando-se a utilização de carvão, onde destacam-se plantas construídas dentro do programa americano denominado " Clean Coal Technology", e outras que se encontram em operação ou em construção na Europa, como a planta de Buggenum (Holanda) e o projeto alemão "KoBra" .

O projeto Brazilian Wood BIG-GT – SIGAME apresenta a utilização de um combustível renovável, neutro em relação ao ciclo de carbono, o seu principal diferencial

-
- 4 Este processo comprime o gás e o eleva até 1500 °C. Em seguida é queimado e liberado a mais ou menos 500 °C.
 - 5 Neste há o aproveitamento do calor liberado no anterior, que é utilizado para aquecer uma caldeira e em seguida utilizado para gerar energia elétrica.
 - 6 Relatório Final – Sistema Integrado de Gaseificação de Madeira para Produção de Eletricidade – SIGAME – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD e Ministério da Ciência e Tecnologia. MCT

Tanto no projeto WBP-SIGAME como nas plantas para utilização de carvão, os equipamentos de gaseificação e os sistemas de purificação de gás são os pontos críticos de desenvolvimento tecnológico. A turbina a gás com exceção das modificações nos sistemas de combustão e controle é um equipamento quase que convencional. Os demais equipamentos da usina pertencem ao grupo daqueles com tecnologia e desenvolvimento já comprovados.⁷

2.1 Características da Usina

A usina de demonstração do projeto WPB/SIGAME foi concebida como uma unidade de gaseificação integrada a um ciclo combinado para geração de energia elétrica com uma eficiência global da ordem de 40%.

A planta de demonstração terá capacidade nominal de 32 megawatts e utilizará cavacos de madeira como combustível.

A unidade deverá ocupar uma área da ordem de 80.000 m² considerando-se neste valor todos os equipamentos e facilidades necessárias ao seu funcionamento e interligação com a rede (subestação principal). Não está considerada a área necessária ao plantio de biomassa, que neste caso vai variar em função da produtividade da plantação. Ver Tabela VIII

7 Relatório Final – Sistema Integrado de Gaseificação de Madeira para Produção de Eletricidade – SIGAME – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD e Ministério da Ciência e Tecnologia, MCT

Os principais parâmetros técnicos que caracterizam a planta estão na Tabela IV, abaixo:

Tabela IV

Características Técnicas da Planta

capacidade instalada da planta	MW	40,4
geração líquida	MW	32,3
eficiência térmica líquida (base PCI)	%	40,7
ciclo de conversão		combinado
fator de capacidade	%	85
produção de energia	MWh/a	240 210
consumo de combustível	m ³ sólido/a	236 515
consumo específico	m ³ sólido/MWh	0,985

2.2. Descrição Simplificada do Processo

O processo para a geração de energia se inicia na área do recebimento de madeira, cujo objetivo final é produzir cavacos com uma granulometria adequada à gaseificação.

A madeira recebida em forma de toras é medida em peso e volume, sendo parte dela encaminhada diretamente para a alimentação da linha de picagem e o restante para o pátio de estocagem, onde é descarregada por guas móveis. A retomada da madeira do estoque para a alimentação da picagem é feita por carretas tracionadas por tratores diesel ou por caminhões, as quais são carregadas por guas hidráulicas móveis.

Após a mesa alimentadora as toras seguem por transportadores de correia e rolos até o picador de tambor para transformação em cavacos, passando antes por uma estação de lavagem e detecção de metais. O picador é do tipo de tambor rotativo com descarga por gravidade.

Uma área a céu aberto recebe os cavacos vindos do picador que são transportados por correias transportadoras, para estocagem em pilhas. Os cavacos são retomados da pilha por extratores (tipo rosca extratora móvel ou similar), seguindo posteriormente para o secador de cavacos.

O secador utiliza os gases de combustão para reduzir a umidade da biomassa de 35 % para a faixa de 10 a 20%, aumentando assim a eficiência da planta e possibilitando que o gás, gerado no sistema de gaseificação, possa ser queimado na turbina a gás (poder calorífico adequado).

A biomassa é introduzida no secador, formando um leito e os gases quentes, provenientes da caldeira de recuperação de calor (HRSG), entram no fundo do secador e atravessam o leito de biomassa, promovendo a secagem dos cavacos.

Os cavacos secos alimentam o gaseificador juntamente com o ar de combustão, formando uma mistura pobre em oxigênio, a qual é responsável pela geração do gás combustível.

O gás é resfriado, purificado e enviado à turbina a gás onde é queimado na câmara de combustão e posteriormente expandido, gerando assim a energia mecânica necessária ao acionamento do compressor e do gerador elétrico acoplados à turbina. Os gases de escape passam através da caldeira de recuperação de calor onde geram o vapor que alimenta o turbogerador a vapor.

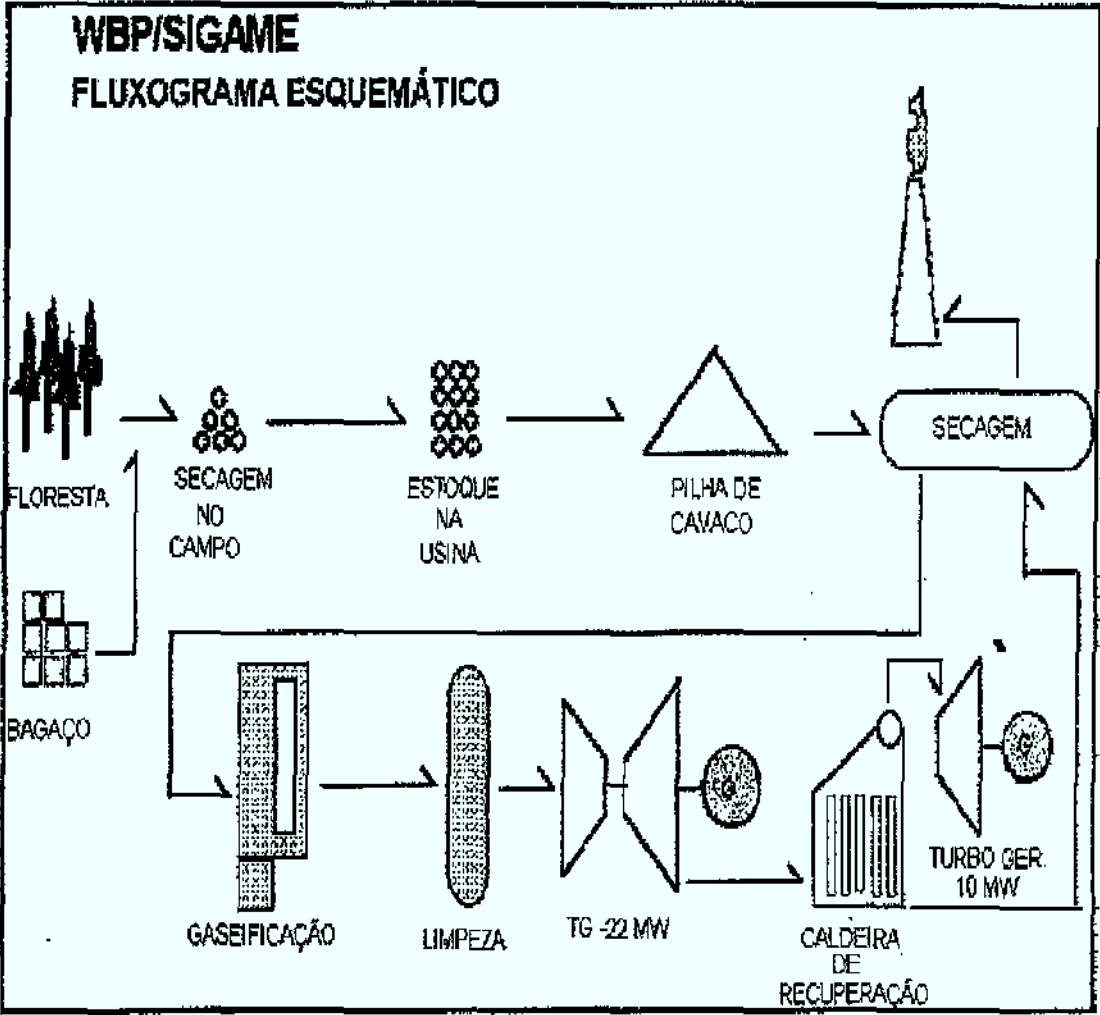
A turbina a gás utilizada é do tipo aeroderivada, de fabricação GE - modelo LM2500, modificada para a queima do biogás. As principais alterações residem no redimensionamento dos bicos injetores e na inclusão de uma sangria para o compressor de ar.

A descarga da turbina a vapor se dá num condensador arrefecido com água proveniente da torre de resfriamento. O condensamento produzido volta ao sistema de água de alimentação da caldeira (HRSG), onde também ocorre a reposição de água desmineralizada.

A energia elétrica é produzida em geradores independentes, um para cada turbina, os quais alimentam um barramento no nível de tensão de 13,8 kV. Nesse barramento se encontram ligados, por meio de disjuntores, o transformado elevador de tensão para a rede 13,8 – 69kV (subestação principal) e transformadores auxiliares para alimentação da usina que rebaixam a tensão para os níveis de 4 000 V e 440 V.

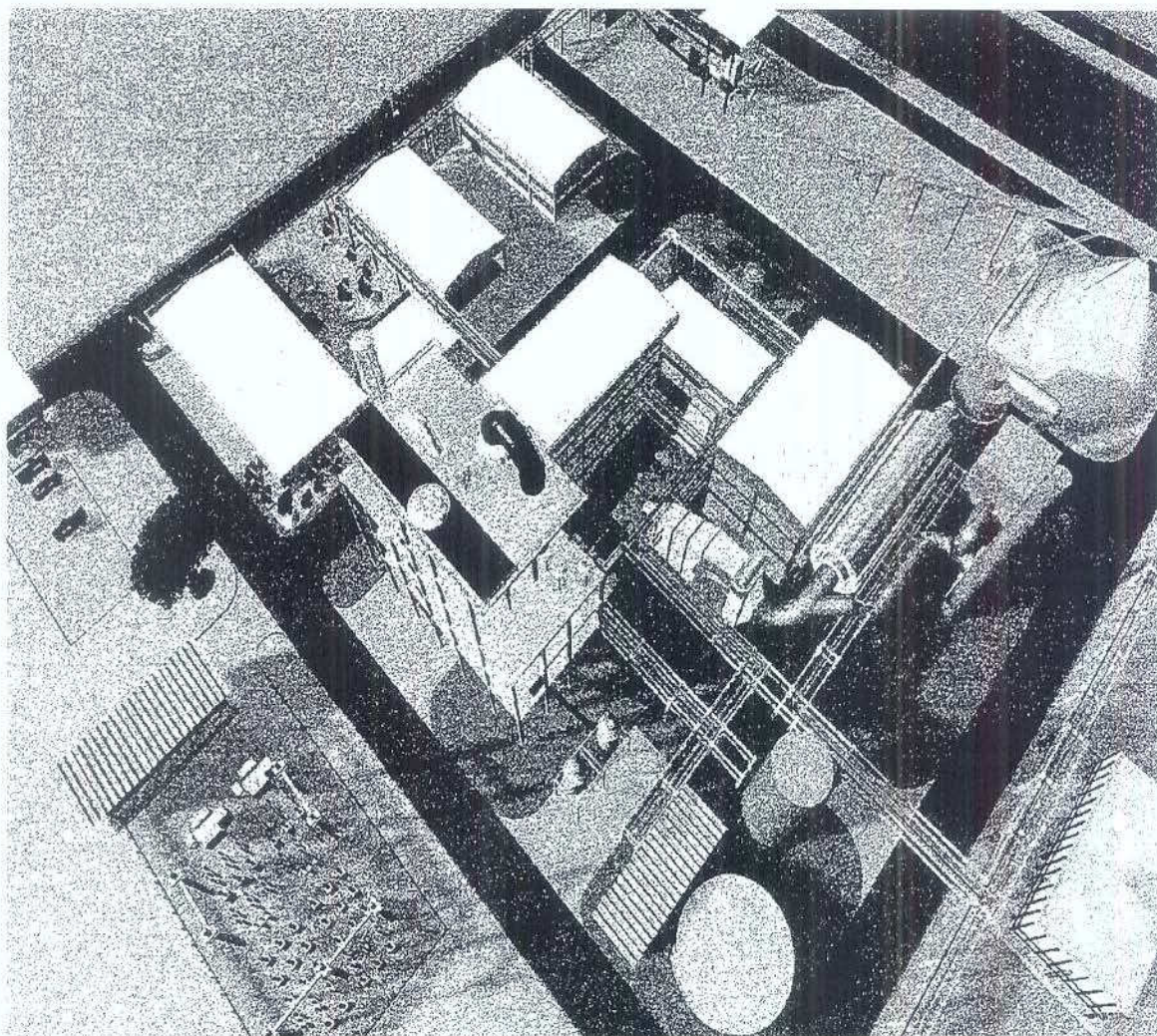
A interligação da linha de transmissão com o transformador principal também é feita via disjuntor.

2.3. Fluxograma Simplificado do Processo

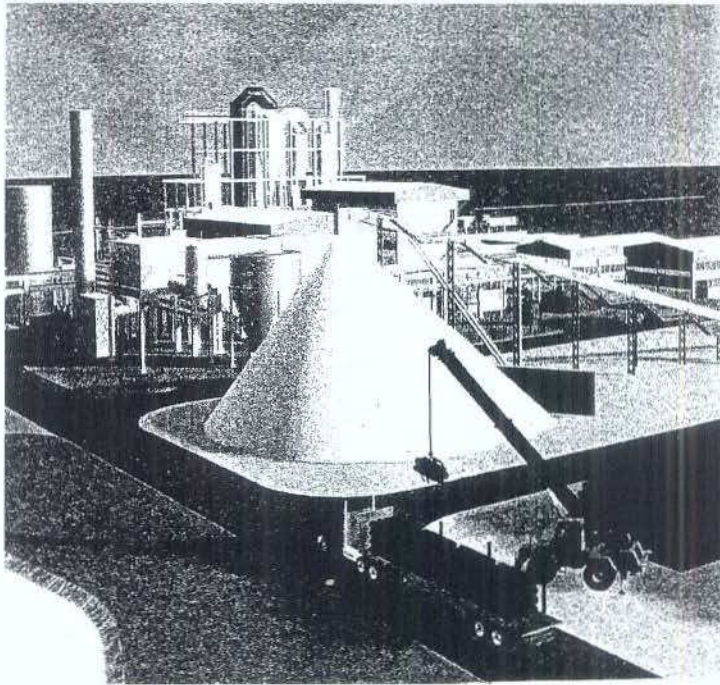


2.4. Usina de Demonstração

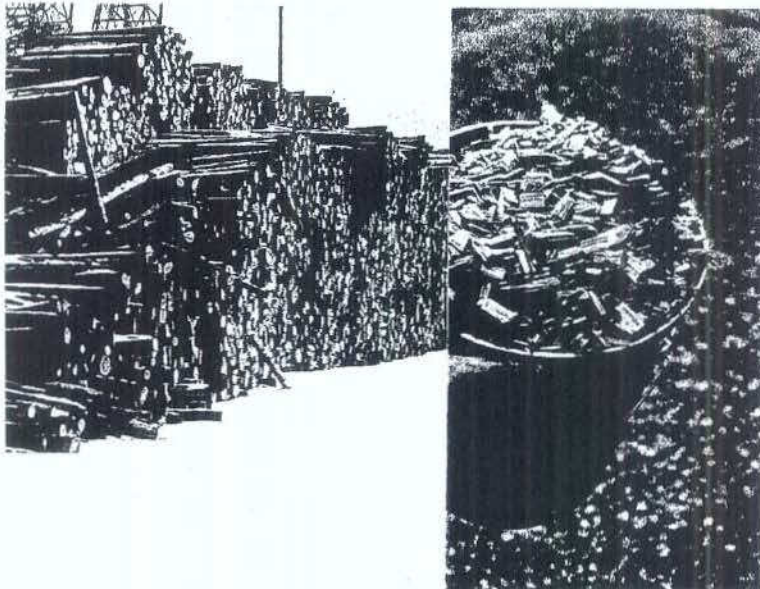
2.4.1. Vista Geral



2.4.2. Vista do Pátio de Madeira.



2.4.3. Cavacos Utilizados para Gaseificação e Eucalipto Brasileiro



Capítulo 3

Impactos Ambientais

A utilização de biomassa florestal para produção de energia elétrica em larga escala, como qualquer outra atividade, interferirá certamente no meio ambiente. A determinação dos possíveis impactos demandará estudos mais detalhados, que deverão ser feitos quando da análise de projetos específicos na parte florestal e na de conversão de energia.

Apesar disto, algumas previsões já podem ser feitas levando-se em consideração as informações e a experiência obtidas por empresas florestais.

Na área florestal, os possíveis impactos negativos durante as fases de implantação, crescimento e exploração são: uso excessivo de produtos químicos (fertilizantes, pesticidas e formicidas), erosão do solo, modificações das condições do habitat natural e compactação do solo através do uso intensivo de tratores e caminhões . Porém esses efeitos hoje são mitigados por procedimentos e tecnologias disponíveis e aplicados pela maioria das empresas florestais brasileiras.

Dentre os positivos, destaca-se a absorção do carbono da atmosfera, ajudando a regular a quantidade de CO₂ existente e, conseqüentemente, contribuindo para reduzir o efeito estufa.

Diversos autores indicam que o florestamento em larga escala contribui significativa e positivamente para o ciclo de carbono atmosférico representado esquematicamente no Tabela V, pois para cada tonelada de matéria seca produzida são fixados 0,5 t de carbono.

A Tabela VI mostra, para várias produtividades, a quantidade de carbono retido na parte aérea de floresta, por hectare implantado.

Além da absorção do CO_2 atmosférico, o controle da erosão do solo e das funções hidrológicas, a restauração de ecossistemas degradados, redução dos níveis de assoreamento dos rios e reservatórios, e a melhoria do microclima estão entre os possíveis impactos positivos.

No caso específico do CO_2 , a floresta energética absorve o gás carbônico durante o processo de fotossíntese fixando carbono, o que torna nulo o balanço de CO_2 emitido no ciclo de geração de eletricidade.

Tabela V

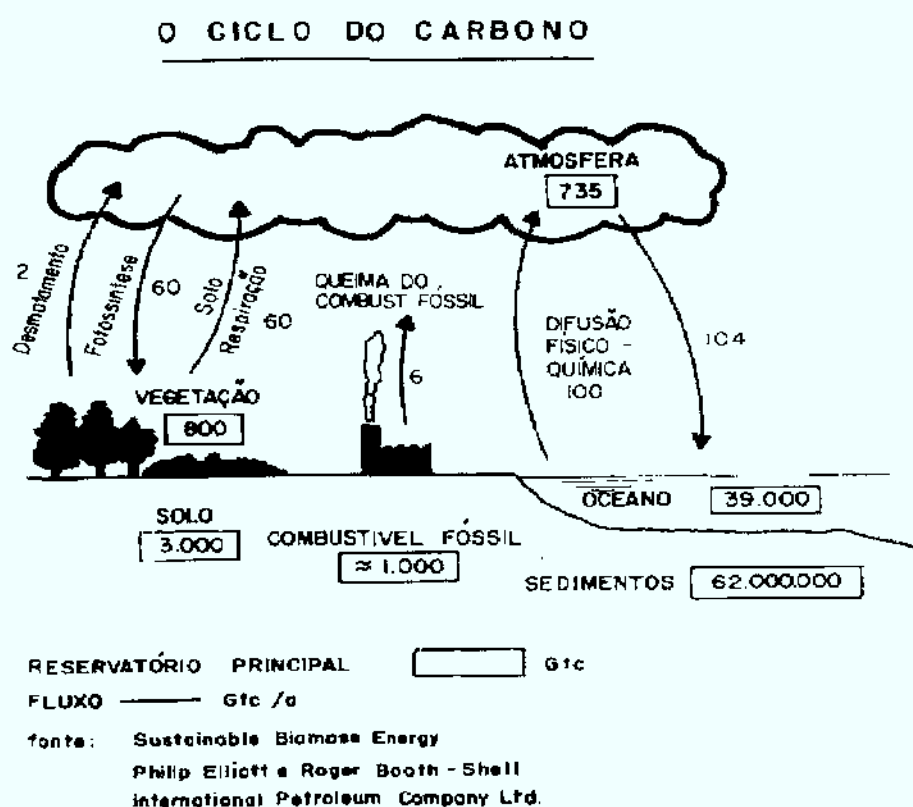


Tabela VI

Quantidade de Carbono Retido por Produtividade

PRODUTIVIDADE m ³ sol/ha.a	MADEIRA NO CAMPO m ³ sol/ha	CARBONO RETIDO t/ha
10	25	6.25
20	50	12.50
30	75	18.75
40	100	25.00

Hipóteses:

Madeira no campo – $1/2 y (n-1)$

y – produtividade, m³ sol/ha.a

n – período entre corte

Peso específico da madeira seca: 0,5t/m³ sol

Percentual de carbono na madeira seca: 50% em peso

Fonte: Revista CHESF Agosto de 1981

3.1. Vantagens sobre as hidroelétricas

O problema ambiental de emissão de dióxido de carbono na atmosfera está presente na utilização dos derivados de petróleo, do gás natural e do carvão mineral, mas pouco tem a ver com a geração elétrica no Brasil, porque é predominantemente hidroelétrica. Mas por outro lado, há a questão dos impactos ambientais das hidroelétricas, de seus efeitos sobre as populações deslocadas e na mudança do regime dos rios.

A utilização de fontes energéticas renováveis além da hidroeletricidade, no lugar de combustíveis, tem a dupla vantagem de evitar os impactos das usinas hidroelétricas e ser neutra em relação ao balanço de dióxido de carbono quando se considera a parte florestal (captura) e a industrial (emissão) em conjunto, assim contribuindo para a diminuição do efeito estufa.

3.2. Uma nova commodity ambiental ⁸

O Brasil poderá assumir uma posição privilegiada junto aos países que buscam reverter o processo de aquecimento global. O país poderá oferecer a investidores internacionais projetos de redução das emissões dos gases efeito estufa (GEE), como também projetos de seqüestro de CO₂ (principal GEE). Outros países como China e Índia serão com certeza concorrentes do Brasil nesse novo mercado ambiental que irá se formar.

É importante ficar claro que os investimentos florestais para mitigação do aquecimento global (projetos de seqüestro de carbono por meio de plantio de árvores) devem ser vistos como complementares ao esforço global para a redução da utilização de combustíveis fósseis, e não como substitutos.

O problema do aquecimento global, e mais especificamente o mercado de carbono que poderá se formar em breve, apresenta dificuldades teóricas e de implementação ainda não resolvidas. O mercado que irá se formar a partir dessa nova "commodity ambiental" necessitará de restrições e

8 "Surge uma nova commodity ambiental" - Reportagem de Marcelo Theoto Rocha* e Warwick Manfrinato**, na Gazeta Mercantil dia 6 de Dezembro de 2000, pagina A-3. * Engenheiro agrônomo, mestre em economia aplicada, doutorando da Esalq/USP e pesquisador do Nepema/Cepea. ** Engenheiro agrônomo, mestrando no Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP e pesquisador no Nepema/Cepea.

regulamentações claras a fim de evitar a exclusão de projetos eficazes no combate ao aquecimento global, mas com pequeno interesse para uma operação financeira, como investimentos em educação ambiental ou controle sobre as mudanças do uso da terra. Esperava-se que na 6ª Conferência das Partes (COP-6), em novembro na Holanda, essas regulamentações tivessem sido estabelecidas.

O controle total sobre as emissões de CO₂ somente irá ocorrer quando houver um controle rígido sobre a utilização de combustíveis fósseis ou alternativas economicamente viáveis que permitam a substituição sem riscos ao consumidor. A solução definitiva, portanto, irá ocorrer apenas com mudanças no paradigma tecnológico e de desenvolvimento.

Existem atualmente vários projetos florestais em andamento no Brasil, com contratos formais entre partes, que visam o combate ao aumento do acúmulo de CO₂ na atmosfera e que são motivados no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL - derivado de uma proposta brasileira de "fundo verde" que permitiria que países não-desenvolvidos participassem do mercado de carbono). Esses projetos estão ocorrendo com investimentos privados externos e implementados por empresas e organizações não-governamentais brasileiras.

Segundo esse critério, para que o projeto possa ser considerado como MDL as taxas de acúmulo de carbono vem ser adicionais à linha base "baseline", do inglês do projeto ou seja, devem ocorrer acúmulos adicionais aos que ocorreriam independentemente da existência projeto (Protocolo de Kyoto).

A atual posição do governo brasileiro é contra a consideração de conservação de florestas como uma alternativas elegíveis para a certificação

pelo MDL. Pois está centrada numa perspectiva de proteção do futuro desenvolvimento da economia nacional. Como mencionado antes, o Brasil poderá assumir uma posição privilegiada no mercado internacional e, para tanto, devemos prezar nossas "reservas" de negociação. Nesta, devemos buscar influenciar uma regulamentação internacional que tanto proteja nosso meio ambiente como ofereça oportunidades de entrada de capital no mercado nacional. Em função disso, devemos lembrar que o Protocolo de Kyoto (acordo firmado entre países que estabelece as metas de redução de emissões e os mecanismos de "comercialização" do carbono) ainda não foi ratificado, dependendo em grande parte do Senado dos EUA. Grande importância é atribuída à assinatura do documento pelos EUA, uma vez que eles e a Rússia respondiam, em 1990, por 53,6% das emissões referenciadas no protocolo. Protocolo que só entrará em vigor com a adesão dos países industrializados que, juntos, contribuam com pelo menos 55% das emissões globais dos países integrantes do Anexo 1 (países industrializados).

Os EUA exigem que países em desenvolvimento (por exemplo: Brasil, China e Índia) assumam compromissos voluntários de redução de emissões. A Argentina já assumiu tais compromissos. Portanto, devemos estar atentos para as promessas de dinheiro fácil que muitos vêem no mercado de carbono.

Porém, como mostrado anteriormente, ainda existem muitas etapas a serem estudadas e superadas antes do estabelecimento de uma bolsa verde, que negociaria o carbono e outras commodities ambientais.

O mercado de carbono, apesar de ainda não definido e deveras nebuloso, veio para ficar. Ele oferece uma oportunidade excelente ao Brasil, pois cria um fluxo de capital Norte-Sul sem precedentes. Mesmo assim, a exemplo da

Internet, as commodities ambientais abrem inúmeras opções de investimentos e poderão ser utilizadas para melhorar as condições de vida de vários países, mas, assim como as empresas ".com", é preciso estar ciente de que "nem tudo que reluz é ouro".

Isso tudo mostra questão ambiental é preocupação mundial e que além de gerar um mercado de commodities ambientais, também deverá gerar incentivos financeiros para produtos ecologicamente corretos, como subsídios diretos e indiretos, ou com um preço diferenciado, como ocorre no setor alimentício, no qual produtos sem agrotóxicos tem um preço melhor dos que os que usam.

Capítulo 4

Custos e Comparativo

4.1. Custos Florestais

Os custos de um empreendimento florestal, compreendendo as atividades de Implantação, Manutenção e Exploração, podem ser sintetizados na Tabela VI a baixo⁹

Tabela VI

Custos de um empreendimento florestal

aquisição de terras	100 a 300 U\$/ha
produção de mudas	90,2 U\$/ha
implantação florestal	367 a 811 U\$/ha
manutenção	336,2 U\$/ha
administração	52,6 U\$/há
pesquisa e desenvolvimento	125,8 U\$/ha
colheita/corte	3,3 U\$ m3 sol
transporte até 65 Km	3,06 U\$ m3 sol

9 Fonte: JSR Consultoria e Serviços Florestais LTDA

Obs: Valores referentes a 1997

A Tabela VIII a seguir apresenta o custo da madeira relacionado com os valores mais altos e mais baixos para aquisição de terra e implantação florestal, em função da produtividade esperada.

Tabela VIII

Custo da madeira em função da produtividade

Produtividade m ³ sol/ha. A	Custo em US\$/t	Custo em US\$/t
	Mais Baixo	Mais Alto
10	25,6	39,0
20	17,3	23,9
30	14,5	19,0
40	13,1	16,5

Fonte: JSR Consultora e Planejamento Florestal LTDA.

Hipóteses:

1. taxa de retorno 10%
2. umidade da madeira 33%
3. densidade da madeira 0,71 t/m³

É importante ressaltar o grande desenvolvimento de pesquisa e tecnologia nesta área, como por exemplo à evolução da produtividade média da COPENER, (COPENE Energética), situada na Bahia, que passou de 18 m³ sol/ha.a para 37 m³ sol/ha.a. E de outras empresas como: Aracruz – ES; Acesita – MG; Champion – SP; e outras as quais a produtividade chega a 45m³ sol/ha.a.

4.2. Custos de Investimento

Os custos totais da usina considerando o processo de conversão, o sistema de preparação e alimentação da madeira, gaseificador, turbogerador e caldeira de recuperação de calor são da ordem de US\$ 48 milhões.¹⁰

4.3. Custo Final da Energia

Os custos finais da energia elétrica produzida a partir da madeira gaseificada, foram obtidos do estudo " An Assessment of Sustainable Bioenergy in Brazil; National Overview a Case Study for Northeast, Princeton University; CEES working paper 119; April 1991", adotando-se os custos da madeira expressos na Tabela IX e o investimento citado acima.

A utilização da Taxa Interna de Retorno da ordem de 15% a.a., é devido a este ser um projeto de risco. Podendo, após testado e aprovado, passar a ser interessante a uma taxa de 10% a.a..

Para efeito de estudo da análise econômica usamos uma média entre o custo mais alto e o mais baixo, a uma taxa de retorno de 15 % a.a., que foi de US\$ 39,7 MWh. E um preço de venda de US\$60 MWh acordado com a Eletrobrás para esse projeto.

10 Relatório Final – Sistema Integrado de Gaseificação de Madeira para Produção de Eletricidade – SIGAME – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD e Ministério da Ciência e Tecnologia. MCT

Tabela IX

Custo final da energia em função da produtividade e custo da madeira

Taxa de retorno % a.a			10	15	20
M ³ sol/ha.a		Custo da Madeira US\$/MWh	Custo	Total da Energia	
10	B	20,5	41,6	48,2	56,3
10	A	31,6	52,7	59,3	66,4
20	B	14,0	35,1	41,7	48,8
20	A	19,4	40,5	47,1	54,2
30	B	11,8	32,9	39,5	46,6
30	A	15,4	36,5	43,1	50,2
40	B	10,6	31,7	38,3	45,4
40	A	13,4	34,5	41,1	48,2

Observação:

B – Custo mais baixo

A – Custo mais alto

Turbina a Gás Ciclo Combinado e Eficiência 40 %

OBS: Dados de 1991, mas confirmados atualizados pelo autor do estudo. (Eduardo Carpentieri)

Na elaboração deste quadro foram assumidos os seguintes critérios:

- produtividade madeireira 10 a 40 m³ sol/ha.a
- umidade da madeira 33 %
- poder calorífico inferior 11100 MJ/t
- densidade da madeira 0,71 t/m s
- custo madeira baixo (B); (terra 100 US\$/ha, implantação 367 US\$/ha)
- custo madeira alto (A); (terra 300 US\$/ha, implantação 811 US\$/ha)
- custo de investimento acrescido de juros durante a construção de 20% a.a., e de custos eventuais estimados em 10%
- fator de capacidade – 85%
- 25 anos de vida útil

4.4. Comparativos

A geração de energia elétrica através da biomassa, nesse projeto WPB-SIGAME, custa US\$ 39,7 MWh, para uma taxa de retorno de 15% a.a, enquanto que a geração através de uma hidrelétrica está sendo vendida por um preço que varia entre US\$ 19 MWh. e US\$ 24 MWh. (Preço para a energia contratada praticado e fornecido pela Chesf em Dez 2000, energia vendida pela usina para distribuidora). Porém esses preços oscilam muito e no mercado spot, que é o mercado final, tem variado de cerca de US\$ 19 até US\$ 132 por MWh, dependendo da situação dos reservatórios, do clima, da demanda de energia, do custo da transmissão, da manutenção da rede e das perdas. Atualmente, está em cerca de US\$ 68 por MWh.¹¹

É importante frisar que, pela legislação vigente, a partir de 2003, parte da energia contratada, 25% ao ano, será transferida para ser negociada no Mercado Atacadista de Energia (MAE) e, a partir de 2007, toda a energia deverá ser vendida no mercado spot, ou em contratos bilaterais, dentro das regras do MAE.⁶

Se compararmos o preço de venda da energia elétrica de uma hidroelétrica grande como as que são operadas pela Chesf, chegaremos a conclusão de que o projeto é economicamente inviável, porém como está citado acima, no

11 Dados fornecidos pelo Eng^o Eduardo Carpentieri, gerente do (SER) Sistemas de Energia Renovável da Chesf.

mercado spot o preço médio está em US\$ 68 MWh. O que é superior a estimativa do projeto, tornando-o viável. Mas não é com uma simples análise que pode dizer se é ou não viável. Tem que se considerar todos fatores citados acima, de demanda, localização tensão e etc.

Esse projeto realmente não é viável em casos onde a condições de implantação de usinas hidroelétricas de pequeno porte e perto de centro consumidores, pois o custo de transmissão é muito grande. Pode ser citado o exemplo da Usina do Funil, que está sendo construída em Lavras, no sul de Minas Gerais. Esta Usina está projetada para gerar 180 MWh e segundo informações passadas pela CEMIG, co-responsável pela construção, a energia será vendida a US\$ 34 MWh.¹²

Existe um outro fator que pode tornar ainda mais competitivo esse projeto, a assinatura do protocolo de Kyoto, que em seu art. 12 diz que uma usina de biomassa como essa pode ser altamente financiada pelos certificados de seqüestro de carbono, ou seja, a matéria prima.

Fazendo os cálculos para uma usina como esta que necessita de mais ou menos 7.000 Ha de Eucaliptos crescendo a 35m³/Há/ano ou seja cortar mais ou menos 1.000 Ha/ano. O custo do combustível (biomassa) representa mais menos 25 a 30% do custo de produção da energia e isto pode ser pago pelos certificados.

Outro fato que merece ser ressaltado é que com esta usina de demonstração se consiga provar a competitividade em relação as

12 - Informações cedidas pelo engenheiro responsável pelo obra da Usina do Funil – CEMIG.

termoeletricas a gás natural que estão gerando energia a um custo aproximado entre US\$ 35 e US\$ 45.¹³ Fato que não está longe de acontecer, porém precisa ser provado.

13 Dados fornecidos pelo Eng^o Eduardo Carpentieri, gerente do (SER) Sistemas de Energia Renovável da Chesf.

Capítulo 5

Conclusão

O projeto de gaseificação de biomassa para geração elétrica é viável dado o preço de venda, porém não é competitivo com a geração hidroelétrica. (lervar em conta as ressalvas a seguir).

Mas o que está acontecendo no Brasil é uma saturação da produção de energia elétrica através de fontes hidráulicas, pois estas apresentam custos muitos elevados que acabam inviabilizando suas construções. E também o esgotamento das potencialidades nas regiões Sul e Sudeste do país.

Estes custos que inviabilizam a construção de novas plantas hidroelétricas, são o diferencial a favor do uso da biomassa como nova fonte de geração elétrica. Pois quanto ao custo ambiental a biomassa é ecologicamente correta tanto na questão da poluição, pois tem ciclo neutro de carbono, quanto na questão do impacto ambiental, em que está forma não precisa inundar grades áreas, nem desviar cursos naturais de rios. O custo de investimento é muito menor. O Tamanho reduzido das usinas, 50 a 100 MW, proporciona a oportunidade de usar unidades padronizadas e propiciar a descentralização da geração, contribuindo para elevar a confiabilidade do

Sistema, além de abrir novas oportunidades para a participação de novas empresas, públicas ou privadas, na área de geração de energia elétrica.

Outro aspecto a favor desta forma de geração de energia é o elevado uso de mão-de-obra rural. O que pode ter impacto significativo na economia regional, não somente pelo número de empregos diretos proporcionados, mas também, pela infra-estrutura a ser formada, para dar suporte a atividade florestal. Tais como: habitação; saneamento; escola; saúde; e transporte, todos representando uma melhora na qualidade de vida. Podendo associar-se a esses aspectos o fortalecimento da economia regional, que certamente virá através do surgimento de novas empresas para atender as demandas florestais, o desenvolvimento do comércio, da indústria e do setor de serviços. Em relação aos empregos diretos gerados há um estudo da CHESF que prevê que podem ser gerados de 0,03 a 0,25 emprego por ha na área floresta, 1,02 empregos por MW na área de conversão de energia e 0,35 emprego na área de operação e manutenção.¹⁴

Um nicho interessante a ser explorado por essa alternativa de energia são as fronteiras agrícolas. Locais no Brasil onde ainda se utiliza geradores movidos a óleo diesel, por causa da distância que não compensa a ligação com as redes de transmissão das usinas hidroelétricas.

É preciso lembrar também que o Brasil é um dos poucos países do mundo onde a área disponível para agricultura é significativamente maior do que a área efetivamente cultivada, ou mesmo necessária ao cultivo, constituindo-se esse um dos principais aspectos favoráveis ao investimento. E também pode

14 Projeto Cenários de Oferta e Demanda de Energia Elétrica na Área de Atuação da CHESF – Volume III – Promon?Chesf-1985.

ser atrelada ao avanço geográfico do espaço agrícola.

Mais outro fator muito importante é que os recursos necessários à produção com o uso de biomassa (em especial o insumo energético), uma vez implantada a usina, seriam plenamente captados em território nacional, reduzindo a dependência do mercado externo, como o petróleo e o gás natural.

Bibliografia

ABB. **Renewable Energy**. Status and Prospects 1998. ABB Environmental Affairs. January, 1998.

CAPPELETTO, G. J. **A Questão Energética: O Que Todos Precisamos Saber**. Sagra - DC Luzzato Editores. Porto Alegre, 1993

CARPENTIERE, E. **An Assessment of Sustainable Bioenergy in Brazil. National Overview and case study for the Northeast**. PU/CEES, Princeton University, Working Paper no 119. April, 1991.

CHESF **Biomassa Florestal: Uma alternativa para geração de eletricidade na região Nordeste do Brasil**. In: Revista CHESF. Agosto, 1981

CHESF - **Projeto Cenários de Oferta e Demanda de Energia Elétrica na Área de Atuação da CHESF**. Volume III, Promon/Chesf, 1985.

GOLDENBERG, j. **O Futuro energético desejável para o Brasil**. In: Fórum de Líderes, Gazeta Mercantil, ano III, nº 4. São Paulo, 2000.

LEITE, A. L. **A Energia do Brasil** Nova Fronteira. Rio de Janeiro, 1997

PNUD/MCT Relatório Final da Fase II – **Sistema Integrado de Gaseificação de Madeira para Produção de Eletricidade – SIGAME**. PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento e MCT, Ministério da Ciência e Tecnologia.

PU/CEES. **Prospects for sustainable, utility-scale, biomass-based electricity supply in northeast Brazil** – In PU/CEES Report N° 270. July 1992

SINISCALCO, D. , CARRARO, C. **The European Carbon Tax: An Economic Assessment** . Kluwer Academic Publishers 1995

SINISGALLI, Paulo A. A. **Análise de Fluxo Energético: Aplicação ao caso da cadeia produtiva da celulose** Texto Baseado na Dissertação de Mestrado defendida no (PROCAM) da Universidade de São Paulo, sob orientação da Prof^a Dra. Marico Seguro.