

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA INTERUNIDADES DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENERGIA

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA
PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL A PARTIR
DE BAMBU DA ESPÉCIE *Bambusa Vulgaris*

Tânia Machado de Souza Costa

Código USP Nº 3023001

Disciplina ENE 5712 – IEE

Prof. Dr. Roberto Y. Hukai

São Paulo

Janeiro/2003



Sumário

1.	Introdução.....	3
1.1	Origem da matéria-prima	3
1.2	Propagação vegetativa do bambu	4
1.3	Bambu para carvão vegetal	5
2.	A Matriz Energética Nacional	5
2.1	A Política Energética Nacional	6
2.2	O Balanço Energético Nacional – BEN 2001.....	7
2.3	Conceitos de Energia	7
2.4	Exame do Balanço Energético Nacional	9
2.4.1	Análise do Consumo do carvão vegetal	9
2.5	Justificativa do mercado escolhido	13
2.6	Exame do Preço Médio de Fontes de Energia	14
3.	Descrição do processo de produção.....	14
3.1	Etapas do processo de fabricação	15
3.2	Composição química do bambu	16
4.	Tecnologias disponíveis	17
4.1	Forno de superfície ou convencional	18
4.2	Forno de alvenaria “rabo quente”	18
4.3	Justificativa da tecnologia escolhida.....	19
4.4	Equipamentos	20
5.	Localização e infra-estrutura	21
6.	Instruções ambientais.....	21
6.1	Conceito de Impacto Ambiental	22
6.2	Atividades Técnicas do EIA.....	23
6.3	Licenciamento Ambiental.....	24
6.4	Principais Aspectos Legislativos e Normativos	25
7.	Análise Econômica	26
8.	Construção do Fluxo de Caixa do Investimento.....	27
9.	Linhas de financiamento.....	27
9.1	Programas de apoio financeiro a investimentos em energia	27
10.	Conclusões	28
11.	Bibliografia	29

ANEXO 1



1. Introdução

Este estudo de viabilidade econômica destina-se à implantação de uma carvoaria para a produção de carvão vegetal, estimando para estudo inicial, o norte do estado de Minas Gerais. O objetivo é definir um conjunto sistemático de informações que permita a tomada decisão quanto à realização do investimento analisado, que atenda a demanda dos setores industriais, que utilizam o carvão vegetal em seus processos produtivos, além da tentativa de desenvolvimento sócio-cultural com o trabalho comunitário de professores de nível técnico, que sensibilizariam a comunidade local e capacitariam tecnologicamente os interessados no ensino fundamental e também nas práticas de produção mais limpa (*Cleaner Production*) preparando as gerações futuras para a utilização de uma tecnologia mais competitiva com o uso racional da energia tanto para a sua produção quanto para o uso na carvoaria. Isso significa uma nova forma de gestão para uma empresa desse ramo de atividade. A produção da carvoaria terá como destino o mercado, preferencialmente de Minas Gerais cuja demanda acena com perspectivas favoráveis para a venda futura do carvão vegetal, como será demonstrado mais adiante.

1.1 Origem da matéria-prima

Como foi citado anteriormente, escolhemos o bambu como matéria-prima, para a produção de carvão e no decorrer deste estudo descreveremos as suas características quanto a sua origem, propagação vegetativa e processos de carbonização existentes.

No Brasil, a maioria das espécies de bambus conhecida foi trazida pelos portugueses na época da colonização. Os portugueses trouxeram as espécies tropicais exóticas, sendo as mais comuns: a *Bambusa Vulgaris* (bambu-verde), *Bambusa Vulgaris* variedade *Vittata* (bambu imperial), *Bambusa Tuldoides* (bambu comum), *Dendrocalamus Gigantes* (bambu gigante ou bambu balde), *D. Latiflonus*.

1.2 Propagação vegetativa do bambu

Os tipos de bambus são classificados quanto ao crescimento de rizomas, ou seja, o bambu é uma planta rizonhosa, constituída por três estruturas básicas: uma área representada pelos colmos, e duas subterrâneas constituídas pelas raízes e rizomas (FIG. 1).

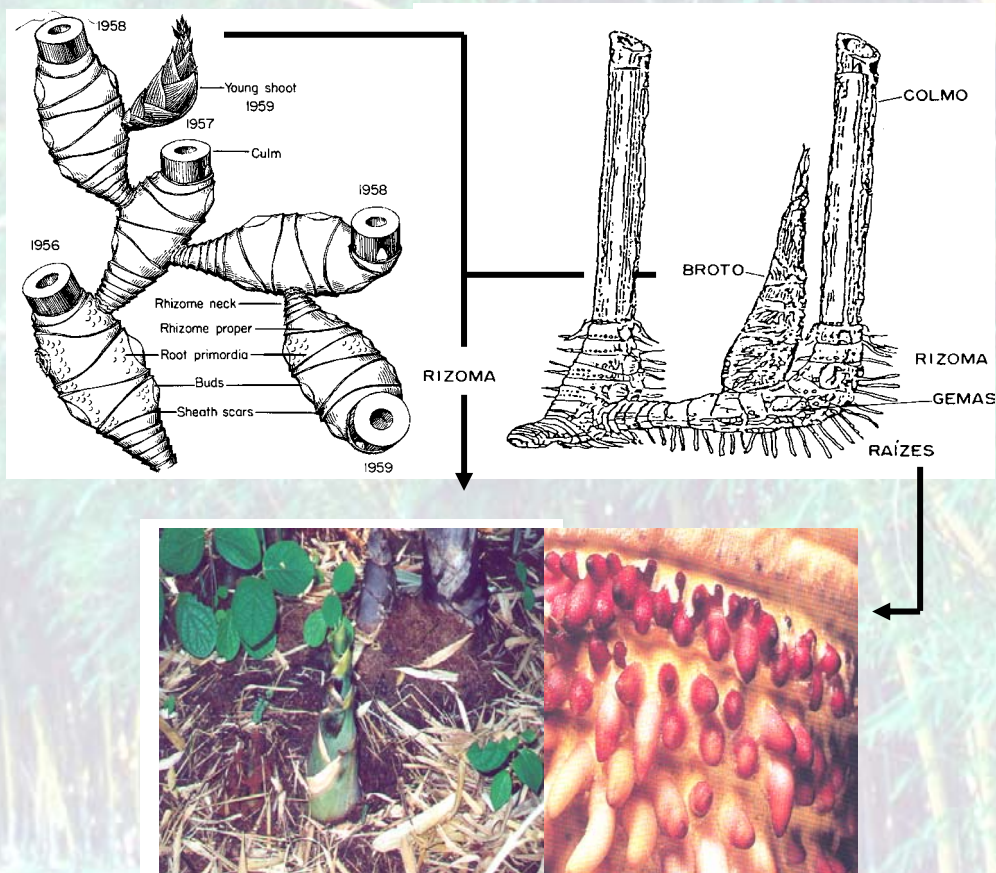


Figura 1 - Sistema radicular de bambu do grupo dos entouceirantes: colmo, broto, raízes, rizomas e gemas [1].

Os bambus entouceirantes são conhecidos também como cespitoso e simpodial. Seus rizomas se denominam paquimorfos, por serem curtos e grossos, com internódios assimétricos, mais curtos que comprimidos, sólidos, com raízes em sua parte inferior. Os rizomas têm gemas laterais solitárias em forma de círculo ou de semi-esfera, que só se desenvolvem em novos rizomas e conseqüentemente em novos colmos. Os novos rizomas crescem



horizontalmente por curta distância e logo seu ápice se volta para cima formando um colmo. As espécies touceirantes são menos resistentes ao frio, não se desenvolvendo bem a baixas temperaturas, apresentando folhas queimadas devido a geadas provocando a morte dos brotos [1].

O maior desenvolvimento vegetativo de bambus se observa em solos arenosos com elevado teor de matéria orgânica e boa drenagem, essencial para o ciclo de vida vegetativa de espécies tropicais. As chuvas, por sua vez, desempenham papel de grande relevância, pois o bambu é um grande consumidor de água e nutriente. Conforme dados científicos, o nível de precipitação pluviométrica para o desenvolvimento dos bambus varia de 1.300 a 1.400 mm por ano.

1.3 Bambu para carvão vegetal

No estudo realizado por BRITO e colaboradores [2] considera-se os aspectos genéticos, o local, a variação geográfica os fatores que exercem influência significativa sobre os poderes caloríficos. As espécies que ocorrem em locais latitudes elevadas sempre apresentam maiores valores de poder calorífico, quando comparados a espécies que ocorrem em locais de baixa latitude. Como exemplo foram mencionados valores de poder calorífico para colmos de espécies do gênero *Bambusa Vulgaris* que é de 4.530 kcal/kg. Os valores de poder calorífico obtidos com madeiras são em torno de 3.000 a 4.000 kcal/kg.

2. A Matriz Energética Nacional

Os dados que utilizaremos neste estudo quanto a preços e representatividade no mercado de carvão vegetal, foram consultados do documento do Balanço Energético Nacional – BEN, ano base de 2000, que contém informações referentes ao crescimento econômico nacional. Primeiramente, vamos compreender como funciona a matriz energética nacional, conforme esquematizado na página seguinte:

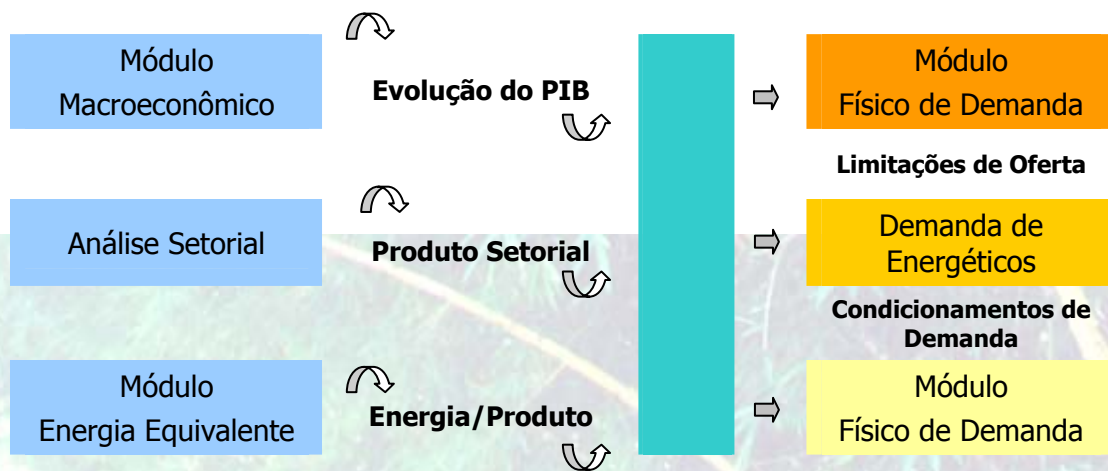


Figura 2: Esquema de obtenção da Matriz Energética [3]

Esta matriz energética inclui um módulo Macroeconômico onde é projetado o crescimento da economia, um módulo de conversão dos dados energéticos em energia equivalente que permite tratar o uso da energia considerando as eficiências de cada uso em relação a um combustível de referência, um módulo de relação energia com a atividade econômica e/ou outras variáveis macro (população, urbanização, etc). Ele prevê ainda módulos físicos específicos para a oferta de energia (produção e refino de petróleo, eletricidade, álcool, carvão mineral, carvão vegetal, etc.) e módulos relacionados aos principais setores consumidores que leva em conta os equipamentos de consumo existente (transportes, indústria, residencial, etc).

2.1 A Política Energética Nacional

A política energética após 1973 começou a ser mais estrategista e ter instrumentos definidos. Conformou-se, assim, uma matriz energética com forte presença de fontes energéticas renováveis: o consumo total de energia primária, representada pela oferta interna de energia, cresceu 1,9%, em 2000. No período 1970-2000 cresceu 4,3% ao ano em média, sendo que a parcela não renovável (4,9%) cresceu mais do que a renovável (3,9%).



Ao mesmo tempo o crescimento do PIB neste mesmo período foi muito próximo (4,3%) ao do consumo de energia primária total. Quando o crescimento econômico é elevado, o consumo de energia aumenta proporcionalmente menos e a capacidade instalada dos equipamentos de uso final no país é mais utilizada e renovada mais rapidamente e a substituição das formas de energia tradicionais pelas modernas é mais rápida, o que caracteriza uma acentuação na procura de fontes energéticas renováveis na matriz brasileira, e conseqüentemente, em pesquisa e desenvolvimento nesta área de fontes alternativas.

Por outro lado, os dados indicam que o aumento do consumo de energia não está ligado apenas ao crescimento econômico. O crescimento da população e a maior inserção de camadas pobres da população ou novas áreas geoeconômicas na chamada "economia de mercado", induzem a aumentos no uso de energia, mesmo em anos de pequeno desenvolvimento econômico, e muitas vezes também um aumento no consumismo humano, conseqüentemente, na produção de bens.

2.2 O Balanço Energético Nacional – BEN 2001

O Balanço Energético Nacional - BEN 2001, ano base 2000, apresenta os fluxos energéticos das fontes primárias e secundárias de energia, desde a produção até o consumo final, nos principais setores da economia, contendo a consolidação dos dados de oferta e demanda de energia que marcaram o ano 2000.

2.3 Conceitos de Energia

Para um melhor entendimento do Balanço devemos conhecer alguns conceitos básicos:

- **Energia primária:** são fontes providas pela natureza na sua forma direta, como o petróleo, gás natural, carvão mineral, energia hidráulica, lenha, etc. A maior parcela da energia primária é consumida



(transformada) nos **Centros de Transformação** (refinarias de petróleo, plantas de gás natural, coqueiras, usinas hidrelétricas, etc.), onde é convertida em fontes de **energia secundária**;

- **Energia secundária:** são fontes vindas dos Centros de Transformação, como o óleo diesel, a gasolina, o coque de carvão mineral, o carvão vegetal, a eletricidade, com as respectivas perdas na transformação, como demonstrado na figura 2.

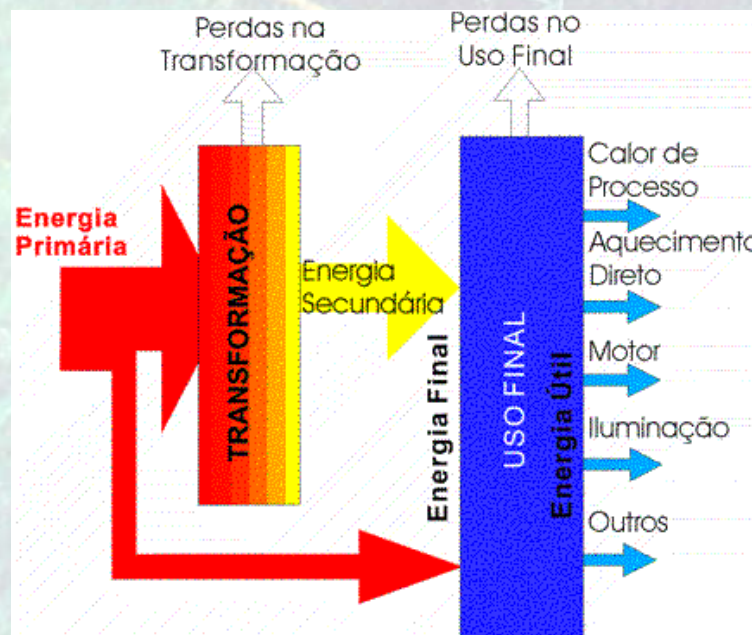


Figura 3: Esquema de obtenção da Matriz Energética [4]

- **Consumo final:** A outra parcela de energia primária é consumida diretamente nos diversos setores da economia, é designado por consumo final. Exemplos: consumo de lenha para cocção de alimentos, consumo de carvão vapor em fornos e caldeiras na indústria, entre outros.

Com a energia secundária, também acontece o mesmo, sendo que a maior parcela vai diretamente para o consumo final nos setores da economia e a outra vai para os Centros de Transformação, onde é convertida em outras formas de energia secundária. Exemplos: óleo combustível em eletricidade, nafta em gás canalizado, entre outros.



O **consumo total** de cada fonte de energia primária e de energia secundária está representado, portanto, pela soma de **energia transformada** com a energia que foi para **consumo final**. É de se destacar, ainda, que o **consumo final** de fontes primárias e secundárias se desagrega em **energético** e **não-energético**, sendo que o consumo final energético abrange diversos setores da economia, tais como: o próprio setor energético, o residencial, comercial, público, agropecuário, transporte e industrial. Por sua vez, o setor de transporte é desagregado em: rodoviário, ferroviário, aéreo e hidroviário e o setor industrial em: cimento, ferro-gusa e aço, ferro-liga, mineração/pelotização, não-ferrosos, química, alimentos e bebidas, têxtil, papel e celulose, cerâmica e outras indústrias.

2.4 Exame do Balanço Energético Nacional

O setor siderúrgico é o principal consumidor de carvão vegetal. Assim, as perspectivas para a indústria de carvão vegetal estão, de alguma forma, ligadas às perspectivas para o mercado mundial de aço, visto que o Brasil exporta cerca de 40% da sua produção de aço bruto.

Segundo o anuário da Associação Brasileira de Carvoeiros – ABRACAVEA, o Estado que mais consome carvão vegetal hoje no Brasil é Minas Gerais.

2.4.1 Análise do Consumo do carvão vegetal [5]

Lenha (TAB 1)

- Setor Residencial

Pesquisa de campo teve como objetivo levantar o número de domicílios, o consumo de GLP, e a partir desses dados, foi estimado o consumo específico de cada energético, para domicílios que possuem só fogão a gás, só fogão a lenha e ambos.



- **Setor Comercial**

Hotéis, restaurantes, hospitais e lavanderias foram pesquisados duas vezes, no 2º e no 5º BEE. Os consumos foram obtidos aplicando-se, sobre os dados levantados, índices econômicos de evolução setorial.

- **Setor Industrial**

O consumo industrial de lenha foi levantado através de consulta às empresas. Todos os grandes consumidores foram pesquisados, enquanto os pequenos, como olarias e panificadoras, tiveram seus consumos estimados a partir de pesquisas anteriores e índices econômicos setoriais.

Carvão Vegetal (TAB 1)

- **Setores Residencial, Comercial e Industrial**

Os consumos desses setores foram determinados pelos mesmos métodos adotados para a lenha.

- **Produção, Importação, Exportação e Perdas**

Os dados foram calculados a partir de informações fornecidas pelas siderúrgicas, pelo IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, pelo IEF - Instituto Estadual de Florestas, e pelo SINDIFER - Sindicato da Indústria do Ferro no Estado de Minas Gerais.

Finos de Carvão Vegetal

Os choques sofridos pelo carvão durante o seu manuseio originam uma fração fina (moinha), que passa a ocupar os interstícios dos grãos remanescentes. Como esses finos não são apropriados ao carregamento dos fornos de redução de minérios, pois prejudicam o fluxo dos gases,



eles são separados do carvão bruto nas usinas siderúrgicas, na operação de peneiramento. Com o advento da tecnologia de injeção de finos pelas ventaneiras dos altos-fornos, algumas empresas passaram a aproveitar parte dos finos gerados. Para evidenciar a parcela de finos que não é aproveitada, os dados relativos ao carvão vegetal granulado e aos finos de carvão são mostrados em tabelas separadas.

A contabilização do carvão granulado e dos finos, em termos de energia, considera as informações dos consumidores relativas à origem do carvão. Assim, o poder calorífico médio varia de ano para ano, em função da proporção entre o carvão de origem nativa e o de reflorestamento, resultando nos fatores de conversão para tep.

2.4.2 Relações entre Unidades

Para 1 ano = 365 dias

$$1 \text{ m}^3 = 6,28981 \text{ barris (k) kilo} = 10^3$$

$$1 \text{ barril} = 0,158987 \text{ m}^3 \text{ (M) mega} = 10^6$$

$$1 \text{ tep ano} = 7,28 \text{ bep ano (J) } 1 \text{ joule} = 0,239 \text{ cal (G) giga} = 10^9$$

$$1 \text{ bep ano} = 0,137 \text{ tep ano } 1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal (T) tera} = 10^{12}$$

$$1 \text{ tep ano} = 0,02 \text{ bep dia } 1 \text{ m}^3 \text{ petróleo} = 0,872 \text{ ton (em 1994) (P) peta} \\ = 10^{15}$$

$$1 \text{ bep dia} = 50 \text{ tep ano } 1 \text{ tep} = 10800 \text{ Mcal (E) exa} = 10^{18}$$



Tabela 1 – Consumo de carvão vegetal nos setores (BEN 2001)

CARVÃO VEGETAL – ANO 2000											Unidade: 10 ³ tep
FONTES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Residencial	990	950	863	823	797	672	611	613	589	586	375
Comercial	82	85	93	90	90	87	92	95	93	95	61
Industrial											
Cimento	542	387	318	353	401	438	565	373	315	238	152
Ferro-Gusa e Aço	6760	5700	5314	5825	6012	5517	4786	5012	4597	4712	3021
Ferro-Ligas	560	755	640	775	677	590	895	600	503	564	356
Mineração e Pelotização	53	55	48	5	4	0	0	0	0	0	0
Não Ferrosos e outros metais	394	316	318	175	190	226	48	40	34	34	22
Cerâmica	20	18	11	13	8	9	12	15	0	0	0
Têxtil	5	5	3	3	2	1	2	2	2	0	0
Química	50	45	41	44	46	37	20	10	8	0	0
Carvoarias - total transformação											4136
Agropecuário	18	20	14	12	9	11	12	10	9	8	5
Outros	25	25	14	17	18	20	8	12	22	12	8

O consolidado do Balanço Energético Nacional, ano base 2000, demonstrou que o setor de ferro gusa e aço (FIG 3) são os que mais consomem o carvão vegetal em relação aos demais:

- Residencial - 375 x 10³ tep
- Comercial - 61 x 10³ tep
- Agropecuário - 5 x 10³ tep
- Industrial - 3.560 x 10³ tep

Sendo que obtivemos as seguintes participações de demanda no ano de 2000:

- Ferro gusa e aço - 3.021 x 10³ tep
- Ferro ligas - 3.021 x 10³ tep
- Cimento - 152 x 10³ tep.

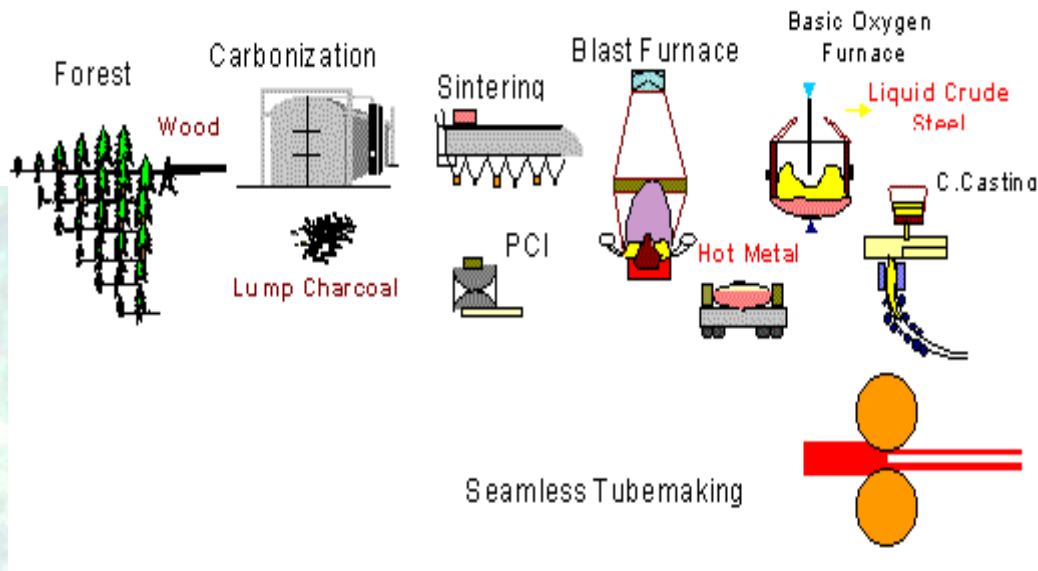


Figura 4: Esquema de fabricação de tubos de aço [6]

2.5 Justificativa do mercado escolhido

Conforme os dados do Balanço Energético Nacional, a área siderúrgica se destacando como consumidor principal do carvão vegetal, seguido do setor residencial.

Com relação à região a ser adotada neste estudo, no anuário da ABRACAVE obtivemos os dados de consumo por região, sendo que a demanda está distribuída aproximadamente em 63% em Minas Gerais, 15% em Carajás seguido de 3% a 4% em São Paulo, Espírito Santo e Bahia, motivo pelo qual a região para o estudo de viabilidade foi escolhida em Minas Gerais.



2.6 Exame do Preço Médio de Fontes de Energia

Os dados que serão utilizados no cálculo do faturamento estão descritos abaixo:

PREÇOS MÉDIOS CONSTANTES DE FONTES DE ENERGIA (1)						UNIDADE: r\$ DE 2000 / UNIDADE FÍSICA					
FONTES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Carvão vegetal (m ³)	90,5	96,8	80,4	86,6	47,3	30,1	27,3	29,5	28,4	27,8	28,9
Lenha Nativa (m ³)	43,0	40,7	38,8	31,2	18,5	17,2	19,2	17,4	16,8	20,2	17,1
Lenha Reflorst. (m ³)	61,1	57,8	55,1	50,6	29,1	22,2	20,8	19,2	18,5	22,3	18,8
Carvão Vapor (t)	123,2	122,9	151,6	170,9	117,4	71,0	63,2	55,7	46,7	49,9	51,2
Eletricidade Ind. (MWh)	252,8	225,9	259,7	247,2	134,2	80,9	84,2	84,2	84,9	88,0	83,7
Gás Natural C. (mil m ³)	706,5	630,9	648,0	749,4	398,6	207,6	189,2	175,3	168,7	172,1	188,9
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

3. Descrição do processo de produção

A produção de carvão vegetal consiste na carbonização do bambu. Este processo se dá na queima do bambu a uma temperatura de até 400° C em fornos de diversas modalidades, porém optou-se, neste projeto, pela implantação do forno "rabo quente" por ser de construção simples, barata e de comprovada eficiência, podendo inclusive ser transferido de local¹, em caso de necessidade de redução de custos decorrentes do encarecimento da matéria-prima.



3.1 Etapas do processo de fabricação

a) Colheita: nesta etapa, o operário (carvoeiro), corta o bambu em pedaços de acordo com o tamanho do forno. Esta operação é feita com o auxílio do facão e de serra. O bambu cortado deve ficar exposto ao sol em torno de 15 dias para secagem, com o objetivo de melhorar a qualidade do produto e facilitar o transporte pela diminuição do peso dos pedaços de bambu.

b) Baldeio: consiste no transporte da lenha da área de corte para a praça dos fornos em caminhão toco, com capacidade de transportar 15m³ de lenha por hora.

c) Carbonização: é o processo no qual os pedaços de bambu são transformados em carvão, quando submetida à ação do calor. A carbonização do bambu termina na faixa de 360^oC a 400^o C, isto porque há diferença de diâmetro de colmos, e a seguir é resfriada no próprio forno naturalmente. No caso do forno "rabo quente" este processo dura em torno de 6 dias entre o carregamento do forno e a retirada do carvão vegetal.

Apesar de haver outros subprodutos no processo de carbonização do bambu, como gases não condensáveis (GNC), alcatrão insolúvel, ácido pirolenhoso, o carvão é o seu principal produto (FIG 5).

d) Carregamento: consiste na operação de carregar o carvão da praça dos fornos ou do depósito para o caminhão. Deve-se movimentar o carvão ao mínimo necessário, pois a sua característica física e estrutural permite fácil quebra. Como o carvão vegetal é vendido em m³, cada movimento pode significar uma quebra de 7%, e sendo assim, causará um prejuízo de 7% por operação desnecessária.

e) Transporte: o transporte do carvão vegetal será feito em caminhão trucado com capacidade de transportar 60m³. Este veículo será utilizado no transporte da lenha da área de corte para a praça dos fornos.

f) Descarregamento: esta última etapa envolve também a medição no seu destino final ou consumidor final.



3.2 Composição química do bambu

Os principais constituintes da composição química média dos colmos de bambus são a celulose, hemicelulose e a lignina; em menor quantidade temos as resinas, ácido tânico, ceras e os sais inorgânicos.

A composição varia de acordo com a espécie, as condições de crescimento vegetativo, a idade do bambu e a parte do colmo. Neste estudo estamos utilizando como matéria prima o bambu da espécie *bambusa vulgaris*. A tabela 2 fornece uma análise química aproximada de algumas espécies de bambu [12].

Tabela 2 – Composição química de alguns bambus (TAMOLANG et al 1980)

Espécies	Holocelulose	Pentossomas	Lignina	Álcool Benzeno	Água quente	1% Na OH	Cinzas	Sílica
<i>Gigantochloa levis</i>	62,9 %	18,8 %	24,2 %	3,2 %	4,4 %	28,3 %	5,3 %	2,8 %
<i>Gigantochloa aspera</i>	61,3 %	19,6 %	25,5 %	5,4 %	3,8 %	22,3 %	4,1 %	2,4 %
<i>Bambusa Vulgaris</i>	66,5 %	21,1 %	26,9 %	4,1 %	5,1 %	27,9 %	2,4 %	1,5 %

A literatura menciona valores de poder calorífico para colmos de espécies do gênero *Bambusa Vulgaris* situados em torno de 4.530 kcal/Kg, O processo de carbonização apresenta, de um modo geral, rendimento de carvão superior ao da madeira, conforme tabela 3 [7].



Tabela 3 – Rendimento do produto – peso seco

Espécies	Carvão	Rendimento Licor Pirolenhoso	Gás não condensável
<i>Eucalyptus urophylla</i>	28,4	49,9	21,7
<i>Bambusa Tuldoides</i>	28,5	38,7	32,8
<i>Bambusa Vulgaris</i>	29,6	33,0	37,4

Os teores de carbono fixo dos carvões de bambu foram, em média, inferiores aos apresentados pelo carvão de madeira de eucalipto, em geral, quanto maior o teor de carbono fixo, melhor a qualidade do carvão obtido, conforme análise imediata do carvão de algumas espécies, cujos resultados são mostrados na tabela 4:

Tabela 4 – Análise imediata do carvão

Espécies	Cinzas	Carbono Fixo
<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,5 %	90,8 %
<i>Bambusa Tuldoides</i>	3,0 %	90,4 %
<i>Bambusa Vulgaris</i>	3,5 %	86,3 %

4. Tecnologias disponíveis

A tecnologia adotada no carvoejamento determina não apenas a capacidade produtiva, mas também como aproveitar os subprodutos decorrentes da queima da madeira, ou seja, no caso bambu.

As principais tecnologias disponíveis para a produção do carvão vegetal são o forno de superfície ou convencional e o forno de alvenaria chamado popularmente “rabo quente”.



4.1 Forno de superfície ou convencional

Este forno é cilíndrico com cobertura em abóbada, possui duas portas para carregamento de lenha e descarga do carvão e um número de chaminé variável de 1 a 6, dependendo da prática da empresa.

A estrutura desses fornos é dotada de orifícios por onde se dá a entrada do ar necessário à manutenção do processo de carbonização. Nas dimensões mais comuns, têm 5,0m de diâmetro, parede com altura de 1,8m. Nestas dimensões, possui um volume nominal de 49,0 m³, comportando cerca de 40,0 estéreos de lenha. O forno de superfície tem um ciclo de produção de 8 a 10 dias, e em condições normais pode produzir 20,0 m³ de carvão a partir de 40,0 estéreos de lenha” (Fundação João Pinheiro, 1988b, p. 46).

4.2 Forno de alvenaria “rabo quente”

A segunda tecnologia disponível é a mais freqüente, trata-se de um forno de alvenaria conhecido como “rabo quente”. *“O forno rabo quente tem uma base circular e sua seção transversal é aproximadamente elíptica. Possui apenas uma porta para carregamento da lenha e descarga do carvão e tem como característica típica à inexistência de chaminés. Nas dimensões mais comuns, tem 3,20m de diâmetro na base e altura máxima de 2,2m. Sua capacidade nominal é de 12,0 m³, comportando de 9 a 10 estéreos de lenha. O forno rabo quente tem um ciclo de produção de cerca de 6 dias e produz cerca de 3,0 m³ de carvão a partir de 9,0 estéreos de lenha. Sua operação é semelhante à do forno de superfície, com diferença de que, não possuindo chaminés, a entrada de ar e saída das fumaças se dá através dos orifícios existentes em sua estrutura” (Fundação João Pinheiro, 1988b, p.48) [10].*

4.3 Justificativa da tecnologia escolhida

A carvoaria a ser implantada adotará o forno “rabo quente”. A justificativa pela escolha do forno “rabo quente” esta diretamente ligada ao volume de produção e pela capacidade de capitalização inicial da empresa.

Embora as duas tecnologias tenham processo semelhante de carbonização da madeira, o forno “rabo quente” é normalmente adotado por pequenos produtores.

O forno de superfície é adotado por empresas maiores que produzem em grande escala e em condições de realizarem investimentos que permitam a recuperação do alcatrão a partir da fumaça. Essa recuperação só é possível por empresas de grande porte, cuja produção justifica os investimento de recuperadores. Grandes empresas como a ACESITA Energética utilizam técnicas para a recuperação do alcatrão.

No entanto, é possível a recuperação do alcatrão em fornos de alvenaria, mas há ainda estudos se é ou não economicamente viável para a adoção de recuperadores de alcatrão (FIG 6).

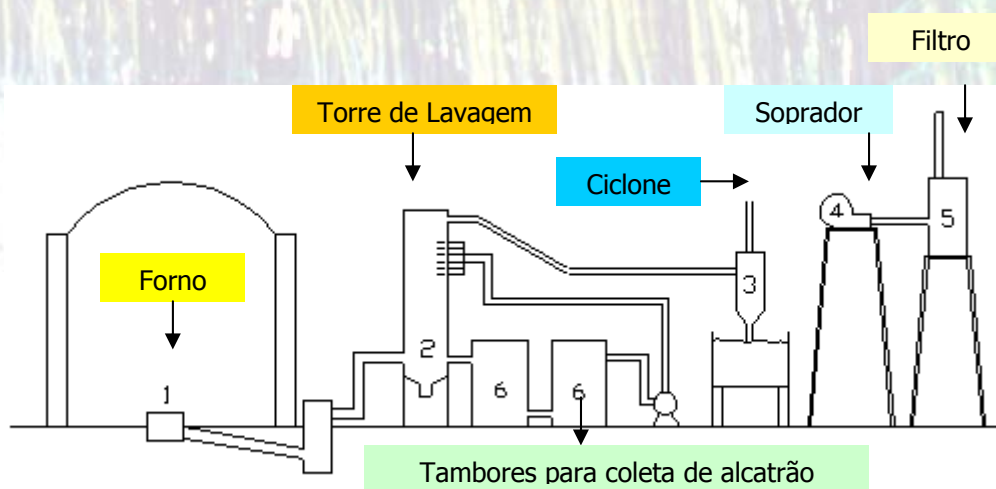


Figura 5: Esquema de instalação para recuperação de alcatrão

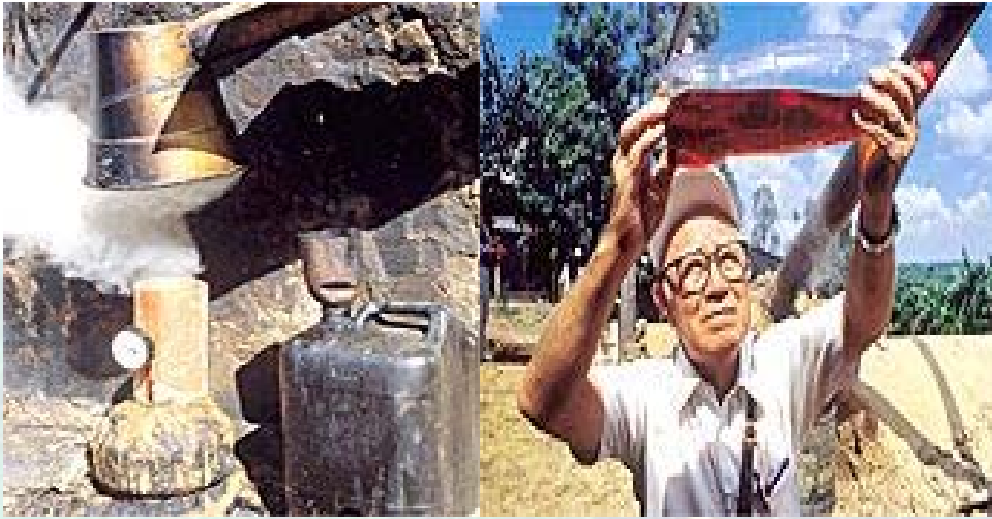


Figura 6: Foto da boca da chaminé de captação de fumaça onde é coletado o licor pirolenhoso [8].

4.4 Equipamentos

O forno “rabo quente” requer carbonizadores com experiência para condução dos fornos, para a produção de carvão vegetal, sendo que o principal insumo deste produto é a mão-de-obra, não havendo necessidade de equipamentos sofisticados, como em outras atividades. A relação de equipamentos a ser utilizada está descrita abaixo (TAB 5):

Tabela 5 – Relação de equipamentos básicos

Equipamentos	Quant.
Facões	60
Serras	60
Caminhão Toco (10 ton)	02
Carregadeira Case 521D	01
Gadanho	30
Carrinho de Mão	30
Equipamentos de Segurança (*)	45 kits

(*) Em atendimento a Norma Regulamentadora NR-6



5. Localização e infra-estrutura

A carvoaria será construída em uma área de 15.000 m², em Minas Gerais, cujo terreno será comprado e terá suas instalações distribuídas da seguinte maneira:

- **Carvoaria:** composta de 120 fornos "rabo quente", com capacidade para 12,0 m³ de bambu ou 4,0 m³ de carvão cada. Estes fornos serão distribuídos em 12 fileiras de 10 fornos, sendo as fileiras separadas entre si por uma linha de 8,0m para armazenar os colmos de bambu e espaço para a retirada do carvão dos fornos e cada forno terá uma distância de 2,0m na mesma fileira, totalizando 6.400 m².
- **Secagem e armazenagem do bambu:** 3.500 m²
- **Galpão/depósito:** área de 152 m² destinada a armazenamento temporário do carvão para proteção de chuvas, uma vez que o carvão não pode ser molhado.
- **Escritório:** área de 150 m² para administração da carvoaria e sala de treinamento.
- **Vestuário:** área de 30 m²
- **Refeitório:** área de 60 m² para as refeições.

Estas instalações serão suficientes para produzir 400 m³ de carvão por semana ou 1.600 m³ por mês ou ainda 19.200 m³ por ano.

6. Instruções ambientais

Conforme o Manual de Normas Básicas sobre Licenciamento Ambiental e Estudo de Impacto Ambiental [9], atualmente, a maioria das agências de cooperação bilateral, dos bancos multilaterais de desenvolvimento, muitas agências da ONU, bem como agências dos países da OCDE, têm como determinante de suas políticas de empréstimos a condicionante da análise ambiental, ou seja, os recursos só são liberados mediante uma análise do diagnóstico da região onde a planta será instalada, suas peculiaridades, o estudo do entorno e o tipo de



empreendimento utilizando diferentes tipos de instrumentos de avaliação de impacto ambiental, dependendo da atividade:

- Relatório Ambiental Preliminar – RAP
- Estudo de Impacto Ambiental – EIA
- Relatório sobre o Meio Ambiente – RIMA

A exigência da apresentação desses diferentes instrumentos de avaliação de impacto ambiental pelo órgão ambiental competente fundamenta-se em diferentes diplomas legais, como a Constituição Federal, a Lei de Política do Meio Ambiente (Lei nº 6938/81), a Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 001/86 e a Resolução CONAMA 237/97 sobre licenciamento ambiental.

Os procedimentos relativos ao Estudo do Impacto Ambiental contemplam o estabelecimento de definições, responsabilidades, critérios e diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental, sendo descritos abaixo:

6.1 Conceito de Impacto Ambiental

Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam:

- I – a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- II – as atividades sociais e econômicas;
- III – a biota;
- IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V – a qualidade dos recursos ambientais.



6.2 Atividades Técnicas do EIA

Etapa I – Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, considerando:

- a) O meio físico – o subsolo, as águas, o ar, o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico e as correntes atmosféricas;
- b) O meio biológico e os ecossistemas naturais – a fauna, a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;
- c) O meio sócio-econômico – o uso e a ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre sociedade local e os recursos ambientais e sua utilização futura.

Etapa II – Análise de impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, discriminando: os impactos positivos e negativos (o médio e longo prazo), o grau de reversibilidade, as suas propriedades cumulativas e sinérgicas, a distribuição dos ônus e benefícios sociais;

Etapa III – Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

Etapa IV – Elaboração de programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos, com indicadores e parâmetros conforme a legislação.



6.3 Licenciamento Ambiental

Estão sujeitos ao licenciamento da CETESB, com base na Lei Estadual 997/76 e seu regulamento no Decreto Estadual 8468/76, "construção, reconstrução ou reforma de prédio destinado à instalação de uma fonte de poluição", "instalação de fonte de poluição em prédio já construído" e "instalação, ampliação ou alteração de uma fonte de poluição", ou seja, unidades de carvoejamento.

O órgão ambiental estadual ou Distrito federal fará o licenciamento após o exame técnico procedido pelos órgãos ambientais dos municípios em que se localizar a atividade ou empreendimento, bem como, quando couber, o parecer dos demais órgãos competentes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, envolvidos no procedimento de licenciamento.

Os empreendimentos e atividades serão licenciados em um único nível de competência, expedindo as seguintes licenças:

I – Licença Prévia (LP): concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

II – Licença de Instalação (LI): autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante; Prazo de validade: 6 anos.

III – Licença de Operação (LO): autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta às licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação. Prazo de validade: mínimo de 4 anos e máximo de 10 anos.



6.4 Principais Aspectos Legislativos e Normativos

- Lei nº 6938, de 31 de Agosto de 1981 – Lei de Política Nacional do Meio Ambiente.
- Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986 – Procedimentos Relativos ao Estudo de Impacto Ambiental.
- Resolução CONAMA nº 006, de 16 de Setembro de 1987 – Dispõe sobre o licenciamento ambiental das obras de grande porte.
- Resolução CONAMA nº 008, de 06 de Dezembro de 1990 – Estabelece limites máximos de emissão de poluentes do ar.
- Resolução CONAMA nº 003, de 28 de Junho de 1990 – Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar (Tabela 6.1).
- Portaria Normativa nº 348, de 14 de Março de 1990 do IBAMA.
- Portaria IBAMA nº 113, de 29 de dezembro de 1995 artigo 14.
- Norma ABNT NBR 10.004, NBR 10.005, NBR 10.006 e NBR 10.007.

Tabela 6.1 – Padrões nacionais de qualidade do ar

Poluentes	Tempo de amostragem	Padrão primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Método de medição
Partículas totais em suspensão	24 horas (1)	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA (2)	80	60	
Dióxido de enxofre	24 horas (1)	365	100	Parosnilina
	MAA (3)	80	40	
Monóxido de carbono	1 hora (1)	40.000	40.000	Infravermelho não dispersivo
	8 horas (1)	10.000	10.000	
Ozônio	1 hora (1)	160	160	Quimioluminescência
Fumaça	24 horas (1)	150	100	Refletância
	MAA (3)	60	40	
Partículas inaláveis	24 horas (1)	150	150	Separação inercial/filtração
	MAA (3)	50	50	
Dióxido de nitrogênio	1 hora (1)	320	190	Quimioluminescência
	MAA (3)	100	100	

- (1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano
(2) Média geométrica anual
(3) Média aritmética anual



7. Análise Econômica

O Orçamento de Receitas e Despesas constitui-se em um dos itens mais importantes do projeto de viabilidade econômica. É através dele que às empresas se ajustam para alcançar seu objetivo final.

Para o cálculo das receitas, estimou-se, via regressão, o comportamento para o ano de 2000. O preço médio do carvão vegetal foi estimado em R\$ 28,90/mês. Para se determinar o valor da produção mensal e o valor da produção anual, basta multiplicar pela quantidade vendida.

No cálculo dos custos de produção do carvão considerou-se os gastos com:

- mão-de-obra utilizada no corte do bambu, baldeio e carbonização.
- número de funcionários envolvidos nestas atividades é de 26, com pró-labore individual de R\$ 120,00/mês;
- Aquisição do caminhão desconsiderou-se o custo do frete, tanto para a aquisição da lenha quanto para a venda com carvão vegetal.

Em relação às despesas administrativas, estão incluídos dois funcionários que trabalharão integralmente na administração; cada um recebendo R\$ 150,00/mês. Também faz parte das despesas administrativas, um assessor que prestará assistência no primeiro ano e um contador contratado para fazer os trabalhos de contabilidade da cooperativa.

Os impostos, taxas e contribuições foram calculados da seguinte maneira:

- INSS – 15 % das remunerações dos funcionários
- ICMS - Isento sobre o valor de venda da produção
- PIS - 0,65% do valor do faturamento
- COFINS - 2,0% do valor do faturamento.

Além dos dados a seguir:

- A depreciação do maquinário e instalações é de 15% a.a.
- O Imposto de Renda para Pessoa Jurídica foi calculado a base de 15,0% sobre lucro líquido. Esse percentual é determinado por lei para as empresas



- Despesas com atividades sociais de 1,08% do faturamento ao ano, destinadas a capacitação técnica e melhoramento da qualidade de vida da população.

Por fim, a taxa interna de retorno dos investimentos é de 9,22% a.a., o que implica em um retorno dos investimentos em um prazo acima de 10 anos.

8. Construção do Fluxo de Caixa do Investimento

O fluxo de caixa resultante do empreendimento é à base da análise de investimento e é calculado levando-se em consideração o período econômico ou a vida útil do mesmo.

Trata das previsões de entrada e saídas com critérios financeiros, não econômicos, pois apresenta uma defasagem temporal que afeta a rentabilidade calculada.

O fluxo de caixa deste estudo de viabilidade econômica encontra-se no Anexo.

9. Linhas de financiamento

Uma visão geral das linhas de financiamento no setor de bioenergia, para o atendimento das micro, pequena e média empresas, que queiram utilizar plantações de florestas energéticas, para uma série de aplicações onde a madeira esteja sendo utilizada como matéria-prima para produção de combustível, é muito limitado.

9.1 Programas de apoio financeiro a investimentos em energia

A atuação do BNDES no setor de energia tem por objetivo propiciar o aumento da oferta, a otimização do consumo atual e a atração de novos investidores. Para tal, foram aperfeiçoadas as condições operacionais dos Programas de Apoio Financeiro a Investimentos em energia.



Para os resíduos do bambu poderiam ser consultadas as condições de financiamento dentro da linha do **“Programa de apoio à Co-geração de Energia Elétrica a partir de Resíduos de Biomassa”**, desde que haja viabilidade técnica e econômica, o que os cálculos demonstraram é que não é atraente, já que o retorno seria num prazo acima de 10 anos, e as linhas de financiamento no geral são para 12 meses.

As carvoarias, que viessem a utilizar o bambu como substituto da madeira, no contexto de florestas nativas, teriam que realizar um estudo de EIA/RIMA e incluir no seu custo um projeto específico, para atender o **Programa de Manejo Sustentável e Reflorestamento com Essências Nativas**.

Caso este empreendimento vise o fornecimento de carvão vegetal para uma usina que produza gusa, a empresa tem que ter aderido **ao PIF - Plano Integrado Florestal** e previsto **Projeto de Reflorestamento, Verticalização e Modernização** que implique o aumento de consumo absoluto de carvão vegetal, para serem considerados no cálculo do projeto de investimento.

10. Conclusões

- Tecnicamente o poder calorífico do bambu é aceitável para os parâmetros de substituição da madeira, ou seja, poderia ser uma matéria-prima alternativa para a produção de carvão vegetal.
- Ambientalmente as florestas de bambus são um sumidouro de carbono e restabelecem o ciclo de nutrientes do sistema. O bambu também pode ser plantado juntamente com outras culturas, sem prejudicar o crescimento vegetativo de ambas.
- A falta de flexibilidade na obtenção de linha de financiamento e ausência de programas específicos para as carvoarias das PMES, não permite uma inovação tecnológica a contento.
- Economicamente o prazo de retorno de um investimento em uma planta de carvoejamento de bambu está acima de 10 anos, o que torna o projeto pouco atraente.



11. Bibliografia

- [1] SALGADO, A.L. de B.; AZZINI,A.; CIARAMELLO,D.; MACEDO,E. L. e SALGADO, A. L. **Instruções e Técnicas sobre Bambu**, Boletim Técnico – IAC, n. 143, p. 4-5, 1994.
- [2] BRITO, J. O., TOMAZELLO, M. F. e SALGADO, A. L. de B. **Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu**, p. 1-50, IPEF, Piracicaba, S.P., 1987
- [3] BEN 2002, **Balanco Energético Nacional** (<http://www.mme.gov.br>)
- [4] ANEEL. Banco de informações da Geração. Agência Nacional de Energia Elétrica (<http://www.aneel.gov.br>)
- [5] **Balanco Energético** (<http://www.cemig.com.br>)
- [6] FERREI C. O, O Futuro do carvão vegetal na siderurgia (<http://ecen.com>)
- [7] SCURLOCK, DAYTON e HAMES. **Bamboo: An overlooked biomass resource?**. p. 229-244, Biomass & Bioenergy, Oak Ridge, U.S.A, 2000.
- [8] GLASS V. **Onde há fumaça há lucro**. p. 34-37, Globo Rural, Ano 16, nº188, junho, São Paulo, 2000.
- [9] SMA. Normas Básicas sobre Licenciamento Ambiental e Estudo de Impacto Ambiental. p. 37-46, São Paulo, 1998.
- [10] FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Substituição de Derivados de Petróleo por Sucedâneos: Os Impactos no Balanço de Pagamentos, no Emprego e no Orçamento Público - Carvão Vegetal**. Belo Horizonte. 1986. mimeo.



ANEXO

FLUXO DE CAIXA DO INVESTIMENTO



ANOS	0	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
LUCRO BRUTO		Unidade R\$	Unidade R\$	Unidade R\$	Unidade R\$	Unidade R\$	Unidade R\$	Unidade R\$	Unidade R\$	Unidade R\$	Unidade R\$
Venda de Carvão	0	554880	554880	554880	554880	554880	554880	554880	554880	554880	554880
TOTAL	0	554880	554880	554880	554880	554880	554880	554880	554880	554880	554880
IMPOSTOS SOBRE O LUCRO BRUTO											
ICMS (isento)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIS (0,65%)	0	3607	3607	3607	3607	3607	3607	3607	3607	3607	3607
COFINS (3,00 %)	0	16646	16646	16646	16646	16646	16646	16646	16646	16646	16646
RECEITA	0	534627	534627	534627	534627	534627	534627	534627	534627	534627	534627
DESPESAS OPERACIONAIS											
Plantio	0	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600	33600
Transportes	0	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
Carbonização	0	28800	28800	28800	28800	28800	28800	28800	28800	28800	28800
Funcionários + Encargos	0	244800	244800	244800	244800	244800	244800	244800	244800	244800	244800
Depreciação (15%)	0	80391	80391	80391	80391	80391	80391	80391	80391	80391	80391
Despesas com atividades sociais	0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Despesas Administrativas	0	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000
CUSTO TOTAL	0	469591	469591	469591	469591	469591	469591	469591	469591	469591	469591
LUCRO LÍQUIDO	0	65036	65036	65036	65036	65036	65036	65036	65036	65036	65036
IMPOSTOS SOBRE O LUCRO LÍQUIDO											
Contribuição Social (9,00%)	0	5853	5853	5853	5853	5853	5853	5853	5853	5853	5853
IRPJ (15,00%)	0	9755	9755	9755	9755	9755	9755	9755	9755	9755	9755



RESULTADO	0	49427	49427	49427	49427	49427	49427	49427	49427	49427	49427
INVESTIMENTO	-535940	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL	-535940	49427	49427	49427	49427	49427	49427	49427	49427	49427	49427
IRR = 9,22%											

OBSERVAÇÕES:

PREÇO DE VENDA DO CARVÃO DE BAMBU SEGUNDO PREÇO MÉDIO DE FONTES DE ENERGIA (BEN 2001)

80 PESSOAS CONTRATADAS PARA PLANTIO, MANUTENÇÃO, EXTRAÇÃO, CARBONIZAÇÃO E ADMINISTRATIVO

VIDA ÚTIL DO PROJETO DE TRINTA ANOS

