

SÍNTESE ECONÔMICA DA GERAÇÃO DE VAPOR PARA USO INDUSTRIAL:
MADEIRA Vs ÓLEO COMBUSTÍVEL

*Ricardo Berger**
*Rubens C. D. Garlipp***

1. APRESENTAÇÃO

A crise energética iniciada em 1973, em razão dos crescentes aumentos dos preços do petróleo, e conseqüentemente dos seus derivados, trouxe sérios problemas aos alicerces da economia mundial, notadamente para os países dependentes da energia petrolífera. Naquela época cerca de 40% do consumo total da energia brasileira era proveniente do petróleo. Em 1979, esta relação em pouco tinha sido alterada. O petróleo continuava sendo a principal fonte de energia, participando com aproximadamente 42% do total consumido (4).

Sensibilizado com a situação, o governo reconheceu a necessidade de tomar medidas efetivas no campo energético, com o intuito de preservar o desenvolvimento econômico e social do país. Essas medidas podem ser caracterizadas como bases do chamado Modelo Energético Brasileiro, as quais traduzem-se da seguinte forma: (4)

- a) conter o consumo nacional de derivados do petróleo, a curto prazo, de modo a não complicar ainda mais o balanço de pagamentos;
- b) tentar garantir o abastecimento, aumentando as relações comerciais com países produtores de petróleo;
- c) aumentar a produção doméstica de petróleo, intensificando e dando prioridades à prospecção, e
- d) desenvolver fontes alternativas de energia.

Embora todas as medidas acima preconizadas venham merecendo grande atenção do governo, o desenvolvimento de fontes alternativas caracteriza-se como de grande importância, ao permitir o rompimento da dependência brasileira para com os mercados externos de produtos energéticos.

A atenção da política nacional para a criação e implementação de alternativas energéticas cobre vasta gama de produtos e soluções. Entre os mais importantes, citam-se a cana-de-açúcar para a produção de etanol, o xisto betuminoso para a produção de petróleo, o uso dos recursos hídricos e nucleares para a produção de energia elétrica e a madeira para a produção de metanol, carvão e mesmo a sua simples queima.

Dentre essas alternativas, a última delas, a madeira, demonstra grandes perspectivas de sucesso na solução da crise energética nacional. O seu carácter de recurso natural renovável, sua versatilidade e aliado ao fato de possuir-se grandes áreas reflorestadas, bem como a existência de uma política nacional de incentivos para o reflorestamento, fazem desta fonte uma das mais importantes e de destaque no atual cenário energético nacional.

O presente documento foi delineado com o intuito de avaliar os aspectos econômicos envolvidos na utilização da madeira para fins energéticos. Para tanto,

* Professor Assistente-Doutor – Setor de Economia Florestal do Depto. de Silvicultura da ESALQ/USP

** Engo. Ftal. – Técnico do IPEF – Setor de Economia Florestal do IPEF

elaboraram-se estimativas de custos unitários de geração de vapor provenientes da queima da madeira (cavacos) e do óleo combustível. Esta última alternativa foi incluída na análise, com o objetivo de atuar como variável comparativa, além de que, hoje em dia, o óleo combustível representa uma das principais fontes energéticas na geração de vapor. Paralelamente, foram realizadas análises sensitivas dos custos unitários em função dos diferentes níveis de preço da madeira e do óleo combustível.

2. PROCEDIMENTO

Para o estabelecimento das premissas básicas de trabalho, adotou-se uma unidade geradora de vapor com capacidade técnica de aproximadamente 20 t./h. Tal dimensionamento baseou-se no fato de que este tamanho de caldeira é relativamente adequado para atender de forma parcial a demanda energética de complexos industriais de médio e grande porte, bem como, permitir a obtenção de certas economias em função da escala do empreendimento.

A partir desta definição e com o uso de coeficientes técnicos e elementos de custos, elaboraram-se matrizes de estimativas de custos anuais de operação de geradores de vapor e de custos médios de produção por tonelada de vapor. Cabe salientar que os parâmetros utilizados na elaboração dessas matrizes derivaram-se de diversas fontes de consulta, e os seus valores foram estipulados em termos das médias observadas.

2.1. Custos de produção de madeira

As estimativas de custo de produção de madeira em pé foram quantificadas com base em princípios financeiros de capitalização e desconto, para corrigir as expectativas dos gastos financeiros de implantação e manutenção da floresta que se darão ao longo do período de rotação florestal.

Os custos e as produções referem-se a um povoamento de eucalipto, implantado e manejado com o objetivo precípuo e produzir madeira para fins energéticos. Por outro lado, adotou-se que somente folhas e galhos finos não serão utilizados, contornando-se, assim, o problema de exportação de nutrientes.

O cálculo do custo unitário de produção foi determinado com o auxílio da expressão abaixo, (2) considerando-se uma taxa de desconto de 10% a.a.

$$C.M.P. = \frac{\Sigma V.P.C. + \Sigma C.O.T.}{\Sigma V.P.P.F.}$$

onde:

C.M.P. = Custo médio de produção (Cr\$/estéreo)

$\Sigma V.P.C.$ = Somatório do valor presente dos custos de implantação de uma floresta de eucalipto (Cr\$/ha)

$\Sigma C.O.T.$ = Custo de oportunidade pelo uso da terra durante a rotação florestal.

$\Sigma V.P.P.F.$ = Somatório do valor presente das produções físicas (estéreo/ha)

No cálculo de custo unitário considerou-se a alternativa da utilização dos benefícios dos incentivos fiscais para reflorestamento. Neste caso excluíram-se os custos referentes à implantação (1º ano) e manutenção da floresta (2º, 3º, 4º ano), uma vez que esses gastos são dedutíveis do imposto de renda devido, e não caracterizam-se como custos efetivos.

Aos custos médio de produção do estéreo em pé foram adicionados os custos médios unitários relativos à exploração, transferência e preparação da madeira (maiores detalhes encontram-se no apêndice 1).

2.2. Custos de produção de vapor

Conforme caracterizado anteriormente, os custos unitários de produção de tonelada de vapor foram quantificados a partir de matrizes de custos anuais de operação. Para tanto, orçaram-se despesas relativas à depreciação, manutenção dos equipamentos, combustíveis e estocagem, mão-de-obra e administração para cada uma das unidades geradoras de vapor.

Os valores de investimentos (apêndice 2) foram depreciados com base em depreciação linear, assumindo-se 10 anos de vida útil e sem valor residual. A manutenção anual (incluindo mão-de-obra e material) foi orçada em 3,5% do investimento requerido.

Para o caso da caldeira queimando óleo combustível, estimou-se uma demanda anual de aproximadamente 13 mil toneladas, enquanto que para o gerador de vapor utilizando cavacos de madeira, o consumo anual previsto foi em torno de 48 mil toneladas de madeira ou o equivalente a 180 mil estéreos. (No apêndice 3 encontram-se os coeficientes técnicos utilizados para as conversões).

O custo de estocagem dos combustíveis foi baseado em um estoque de segurança de 15 dias par o óleo combustível e de 40 dias para a madeira. Os juros sobre o capital próprio foram avaliados à base de 10% a.a. do capital médio investido durante a vida útil dos equipamentos.

3. RESULTADOS

As matrizes de custos anuais e custos médios de produção de vapor a partir de geradores movidos pela queima da madeira picada e pela queima de óleo combustível são apresentadas na Tabela 1.

Dos elementos expostos ruge como primeira indicação o fato de que a produção de vapor a partir da madeira, apresenta custos médios superiores em comparação ao emprego do óleo combustível. A razão fundamental para este diferencial explica-se em função dos níveis mais altos de investimentos requeridos para geradores à base de madeira, bem como, dos gastos necessários à sua operação.

Por outro lado, é também possível observar-se a grande influência dos combustíveis na composição dos custos. De um modo geral e para ambos os casos em estudo, os combustíveis representam aproximadamente 90% dos custos unitários de produção de vapor. É interessante salientar que este percentual é bastante consistente com os resultados encontrados em estudos similares (2, 3, 5) denotando o grande efeito dos combustíveis nos custos da geração de energia.

Tabela 1. Custos anuais de geradores de vapor e custos unitários de produção de vapor

Itens	Custos anuais (Cr\$ 1000)		Custos unitários de produção (Cr\$/t)	
	Madeira	Óleo combustível	Madeira	Óleo combustível
1. Depreciação	4630	2820	28	17
2. Juro s/ capital	2315	1410	14	8
3. Combustível	112140	94900	667	565
4. Estocagem do combustível	1369	407	8	2
5. Manutenção	1621	987	10	6
6. Mão-de-obra	900	468	5	3
7. Administração	800	500	5	3
Total	123775	101492	737	604

Mantendo-se constantes as condições caracterizadas anteriormente, é possível inferir-se que quando o preço do óleo combustível atingir níveis de aproximadamente Cr\$ 9014/t., ter-se-á chegado a uma condição de “break-even” em termos de custos de produção de vapor. Em outras palavras, a este novo nível de preço do óleo combustível é indiferente à produção de vapor a partir da queima da madeira ou do óleo.

Outra situação bastante interessante é obtida quando considera-se o uso da madeira incentivada. Em função das características do programa de incentivos fiscais, é possível produzir-se madeira a custos significativamente inferiores, com reflexos bastante acentuados na produção de vapor. A reavaliação das matrizes de custos com base em madeira incentivada produz resultados anuais para geradores de vapor da ordem de Cr\$ 82 milhões, o que significa um custo unitário de Cr\$ 487/t. de vapor produzido.

Esta nova perspectiva de enfocar o problema, altera a situação anterior, posicionando a madeira em condições mais econômicas para produzir vapor do que óleo combustível. Da mesma forma, pode-se inferir que a madeira incentivada ou não incentivada, pronta para ser queimada, pode atingir até Cr\$ 499/st e ainda manter paridade de custos unitários de produção de vapor com o óleo BPF. Ainda, considerando-se a madeira incentivada e mantendo-se a igualdade de custo unitários de geração de vapor, é possível caracterizar-se que uma distância média de transporte de aproximadamente 188 km para o material florestal produzido com benefícios dos incentivos fiscais, pode ser uma atividade economicamente exequível.

Embora o uso da madeira como combustível para a geração de vapor mostre-se bastante viável, deve-se ter em mente que esta solução envolve a aplicação de grandes somas de recursos financeiros. Primeiro, para adaptação industrial na geração de vapor, segundo, para a aquisição de terras e desenvolvimento de florestas a fim de permitir a independência e segurança do empreendimento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O presente trabalho assumiu que um empresário de uma fábrica planejando uma nova instalação, pode adquirir um sistema gerador de energia abastecido com óleo combustível ou um sistema abastecido com lenha e resíduos, ambos com vida útil de 10 anos. Embora uma análise econômica detalhada seja algo complexa, devido a escassez de informações atualmente disponíveis, o princípio básico adotado é simples: comparar os

custos unitários e custos anuais de produção de vapor das duas alternativas que se apresentam, as quais pressupõem unidades geradoras com capacidade de produzir 20 t./ha de vapor.

No caso do combustível ser lenha e resíduos, a empresa deverá arcar com a produção de madeira e, para tanto, duas possibilidades foram abordadas e confrontadas com a alternativa de queimar óleo BPF. A primeira considera a produção de madeira com recursos próprios e a segunda, considera a empresa usufruindo do incentivo fiscal para reflorestamento.

As produções e idades de corte previstas são hipotéticas. Admite-se que a formação de florestas energéticas, a espaçamentos mais reduzidos, deverá originar mini-rotações em função principalmente da competição precoce que provavelmente se estabelecerá entre as plantas com menos área disponível para explorar os fatores de produção do meio ambiente. Por esta razão, o presente trabalho adotou a idade de 5 anos como um limite máximo para o corte, não significando que esta idade corresponde à maturidade financeira da floresta energética. Quanto às produtividades médias, admitiu-se que 150, 120 e 100 estéreos por hectare ou 370 st/há ao fim da rotação, seriam as produtividades mínimas a serem obtidas para as florestas com finalidade exclusiva de queima. Somente os resultados futuros das pesquisas hoje em andamento poderão prover os dados reais e concretos.

Uma taxa de desconto de 10% ao ano foi utilizada durante toda a análise.

Estabelecidas as pressuposições para o trabalho, e de posse dos elementos de custos de investimentos e operacionais de cada situação, e, em função dos resultados obtidos, as seguintes conclusões podem ser extraídas:

1. Em qualquer caso, é significativo a participação do combustível na composição do custo da tonelada de vapor produzida;
2. Isto sugere que as tentativas e estudos procurando a viabilização da substituição do óleo combustível deverão se concentrar na otimização da produção do combustível alternativo, seja ele madeira, resíduos, carvão ou qualquer outro, entendendo-se aqui a produção como sendo integrada;
3. Quando considera-se a produção de madeira com recursos próprios, o custo unitário da tonelada de vapor produzido a partir do óleo combustível é Cr\$ 133 mais barato que a tonelada de vapor produzido pela queima da lenha e resíduos;
4. Entretanto, esta perspectiva reflete uma situação de preços relativos constantes para óleo e madeira durante a vida útil dos sistemas, o que não representa a realidade tendo em vista a tendência altista verificada nos preços do petróleo;
5. Nesses termos, prevê-se que a condição de “break-even” seja atingida quando a tonelada de óleo BPF alcançar o nível de preço de CR\$ 9014;
6. Por outro lado, quando se considera a produção de madeira subsidiada pelo incentivo fiscal, o custo unitário da tonelada de vapor (Cr\$ 440) indica que os investimentos em área para plantio e instalação de caldeira queimando madeira, são compensadores em relação aos investimentos para queima de óleo combustível;
7. Ainda com relação à madeira incentivada, num raio de transporte de até 188 km, o custo unitário do vapor produzido pela madeira se iguala ao custo unitário do vapor produzido pelo óleo BPF, admitindo-se constantes os demais custos e considerando Cr\$ 124/km o custo de estéreo transportado;
8. Os resultados obtidos neste trabalho consideraram até certo ponto, condições pessimistas: baixas produtividades, altos custos de produção de madeira, elevado

valor para a terra, bem como uma remuneração aleatória de 10% ao ano para o capital investido. Análises sensitivas demonstram que as perspectivas são ainda mais favoráveis à geração de vapor através da queima de madeira, quando as pressuposições são alteradas;

9. De qualquer forma, o presente estudo permite inferir também que os resultados deverão se mais benéficos ainda, para empresas cuja matéria-prima é a madeira. Tecnologia e infra-estruturas já disponíveis para a produção e condução de florestas, o engajamento em programas contínuos de reflorestamento, bem como acesso aos incentivos fiscais, permitirão a essas empresas a obtenção de economia a prazos mais curtos;
10. Com os elementos discutidos até o momento, observa-se a grande importância da política de incentivos fiscais como instrumento de auxílio na solução do problema energético brasileiro. É através dela que, atualmente, o uso da madeira como fonte energética alternativa mostra-se com excelentes perspectivas econômicas. A implementação e o desenvolvimento de políticas de auxílio para a formação de florestas energéticas, devem constituir-se em pontos de suma importância para o conjunto de soluções ao desafio energético por que passa o País.

5. BIBLIOGRAFIA

- (1) *BEATTIE, W.D.* – Energy production from the Brazilian forestry subsector: a report prepared for the World Bank. Brasília, 1979. 178p.
- (2) *BERGER, R. & GARLIPP, R.C.D.* – 1980 – Estudo preliminary sobre a viabilidade econômica da substituição do óleo combustível por madeira de eucalipto. Circular Técnica – IPEF, Piracicaba, (95): 1-7, mar.1980.
- (3) *ELLIS, J.H.* – Economic analysis of wood or bark-fired systems. USDA Forest Service FPL general technical report, Madison (16): 1-19, 1978.
- (4) *ENERGIA:* a longa e custosa comédia de erros. Brasil em exame, 91-7, mar.1980.
- (5) *HOKANSON, A.E. & ROWELL, R.M.* – Methanol from wood waste: a technical and economic study. USDA Forest Service. FPL general technical report, Madison (12): 1-21, 1977.

APÊNDICE 1CÁLCULO DAS ESTIMATIVAS DOS CUSTOS UNITÁRIOS DE MADEIRA

Tabela A.1. Custos de implantação e manutenção de florestas de Eucalipto e estimativas de produções físicas.

Tempo (ano)	Custo (Cr\$/ha)	Produções (st/ha)
0	30000	
1	5000	
2	2500	
3	1000	
4	1000	
5	1000	150
6	2000	
7	1000	
8	1000	
9	1000	
10	1000	120
11	2000	
12	1000	
13	1000	
14	1000	
15	1000	100

A. Madeira produzida com recursos próprios

- Valor presente dos custos de produção = Cr\$ 43 397/ha
- Valor presente da produção física = 163 st/ha
- Custo de oportunidade da terra = Cr\$ 19015/ha
- Custo unitário da madeira em pé = Cr\$ 382/st
- Custo unitário de exploração (corte, desgalhamento, enleiramento) = Cr\$ 71/st
- Custo unitário de transferência (raio de 100 km)
transporte = Cr\$ 124/st
terminais = Cr\$ 21/st
- Custo unitário de preparação de madeira (picagem) = Cr\$ 25/st
- Custo médio da madeira preparada = Cr\$ 623/st

B. Madeira produzida com incentivos fiscais

- Valor presente dos custos de produção = Cr\$ 5351/ha
- Valor presente da produção física – 163 st/ha
- Custo de oportunidade da terra = Cr\$ 19015/ha
- Custo unitário da madeira em pé = Cr\$ 149/st
- Custo médio da madeira preparada = Cr\$ 390/st

APÊNDICE 2

INVESTIMENTO MÍNIMO REQUERIDO PARA A INSTALAÇÃO DE GERADORES DE VAPOR UTILIZANDO ÓLEO COMBUSTÍVEL E MADEIRA DE EUCALIPTO (CAVACO)

Capacidade de produção – 20 t. vapor/hora

Itens	Madeira	Óleo combustível
	(Cr\$ 1000000)	
1. Gerador	28.0	22.0
2. Montagem	6.0	2.0
3. Equipamento de alimentação	7.0	-
4. Interligações	1.8	0,9
5. Obras civis	2.0	2.0
6. Transporte	1.5	1.3
Total	46.3	28.2

APÊNDICE 3

COEFICIENTES TÉCNICOS DE TRANSFORMAÇÃO E EQUIVALÊNCIA

Os coeficiente técnicos e suas equivalências foram obtidos juntos à Seção de Química, Celulose, Papel e Energia do Departamento de Silvicultura da ESALQ-USP.

- | | |
|---|---|
| A. 1 tonelada de óleo combustível BPF | = 13 toneladas de vapor |
| B. 1 tonelada de madeira com 35% de umidade | = 3.5 toneladas de vapor |
| C. 1 m ³ sólido de madeira | = 0.4 toneladas de madeira |
| D. 1 m ³ sólido de madeira | = 1.5 estéreos de madeira |
| E. 1 estéreo de madeira | = 0.67 m ³ sólido de madeira |