



**XV SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GPT/10

**17 à 22 de outubro de 1999
Foz do Iguaçu – Paraná - Brasil**

GRUPO II

GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS (GPT)

**ESTADO DA ARTE DAS TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO TERMELÉTRICA (2)
CUSTOS DE GERAÇÃO NO BRASIL**

Edson Prado Azola*

José Flávio Martins de Andrade*

ELETRONUCLEAR

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo obter uma metodologia para internalização dos custos de investimento e operação para as diversas tecnologias de usinas termelétricas disponíveis no mercado mundial.

Para uma melhor análise e comparação dos dados, foram incluídas tabelas e gráficos que apresentam uma estrutura de custos por tipo de tecnologia e o custo de geração adaptado às condições locais. Através do levantamento dessas informações foi possível fazer uma avaliação dos vários aspectos que influenciam a implantação de novas usinas termelétricas. Como a maior parte dos componentes utilizados deverá ser importada, tendo portanto seus custos em dólares, fixou-se como referência a relação de R\$ 1,21 para cada US\$ 1. Os custos nacionais diretos e indiretos foram obtidos em real.

PALAVRAS -CHAVE

Custos, geração de energia, termelétricas

1.0 - INTRODUÇÃO

Este trabalho oferece uma estrutura de custos aproximados de investimento e de geração para as tecnologias representativas de usinas termelétricas, em cidades típicas das diversas regiões do Brasil. Os combustíveis considerados foram gás natural, carvão de boa qualidade (importado), óleo diesel e lenha. Estas estimativas consideram unidades operando em regime de ponta e de base. É importante salientar que uma usina termelétrica operando na base do sistema tem custos de implantação mais elevados, pois requer

alta disponibilidade e eficiência, além de maior redundância de sistemas, maior número de peças sobressalentes, etc.

A estimativa de custos de implantação e de operação toma como referência metodologia apresentada no - Technical Assessment Guide - relatório emitido pela EPRI (Electrical Power Research Institute), utilizado pelas empresas americanas concessionárias de energia no planejamento, bem como resultados de estudos de viabilidade para diversas centrais termelétricas. Os preços de equipamentos praticados no mercado internacional foram, em sua maioria, obtidos de fornecedores.

2.0 - COMPONENTES DO CUSTO DE GERAÇÃO

O custo de instalação envolve todas as despesas do empreendimento, desde o seu início até a entrada em operação da unidade. Estas despesas podem ser agrupadas segundo os seguintes tópicos: Unidade Geradora, Unidades de Apoio, Engenharia e Gerenciamento, Montagem e Comissionamento, Contingências e Juros Durante a Construção.

Uma avaliação preliminar de custos, como se pretende fazer neste trabalho, baseia-se nos valores dos principais equipamentos e sistemas da Unidade Geradora. Os demais itens são determinados como se segue:

• Unidades de Apoio

São as despesas com construção civil, incluindo via de acesso, construção de escritórios, laboratórios e outras áreas de apoio. Este curso é viável dentro de uma faixa de 5% a 10% do total do empreendimento.

• Engenharia e Gerenciamento

Os custos de engenharia e gerenciamento situam-se entre 5% e 10% do total do empreendimento.

• Contingências de Projeto e Processo

São custos adicionais não previstos na estimativa. Normalmente, são classificadas em contingências de projeto e de processo.

Contingências de projeto prevêm custos adicionais resultantes do detalhamento de projeto, associados a alterações ou a introdução de sistemas e equipamentos, para atender condições específicas do local.

Contingências de processo são custos associados ao conhecimento da tecnologia, que podem alterar o valor final da unidade, como por exemplo, mudanças decorrentes de ineficiência do processo, incertezas nos preços dos equipamentos, na quantificação e especificação de materiais, etc.

Os valores aplicados estão apresentados nas planilhas específicas de cada tipo de unidade e variam entre 2% e 7% do total do empreendimento.

- **Juros Durante a Construção**

É o custo financeiro do capital de implantação durante o período de construção. O valor depende do programa de desembolso e da taxa de juros. Para o presente trabalho, foi fixado em 10% do total do empreendimento.

- **Montagem e Comissionamento**

São as despesas com montagem eletro-mecânica, testes de operação e demais dispêndios para comissionamento da Unidade. Este custo é variável entre 5% e 10% do total do empreendimento.

2.1 - CUSTO DA UNIDADE GERADORA

Em anexo são apresentadas planilhas com o Custo Básico da Unidade Geradora e o Custo Global do Empreendimento. A primeira coluna contém os principais equipamentos e sistemas relevantes para definição do custo global. Nas colunas seguintes são relacionados os respectivos preços praticados no mercado internacional, as taxas de importação vigentes e custos aproximados no caso de fabricação nacional (30% sobre o valor do equipamento no mercado internacional). Uma explicação sobre o custo de importação está apresentada abaixo.

2.2 - DESPESAS DE IMPORTAÇÃO

Os principais componentes de uma usina térmica a ciclo combinado, como turbinas a gás, turbina a vapor e geradores são de fornecimento de poucos fabricantes mundiais. A importação obrigatória destes equipamentos implica em impostos e taxas. As principais despesas alfandegárias compõem-se basicamente de tributos federais (II - Imposto de Importação, IPI - Impostos sobre Produtos Industrializados), tributo estadual (ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) e taxas portuárias.

Uma das dificuldades na estimativa destas despesas é

que os tributos são estabelecidos não só em leis, como também em decretos, muitas vezes com vigência temporária, e são alterados conforme política tributária do governo.

Os valores aqui apresentados foram obtidos da 4ª edição da Tarifa Externa Comum - TEC / Fevereiro-99 da Editora Aduaneiras.

2.2.1 - IMPOSTO DE IMPORTAÇÃO – II

Com a integração latino-americana através do MERCOSUL, foi estabelecida uma Tarifa Externa Comum - TEC, com alíquotas de Imposto de Importação, que prevalecerão para o comércio com terceiros países. Alguns produtos foram excluídos da TEC e suas alíquotas definidas em uma tabela de convergência com valores progressivos ou regressivos para os próximos dez anos. No Brasil, a lista com a Tarifa Externa Comum foi aprovada pelo Decreto 1.343 de 23/12/94.

A alíquota II incide sobre o valor aduaneiro, que inclui o preço da mercadoria mais frete e seguros internacionais.

2.2.2 - IMPOSTO SOBRE PRODUTO INDUSTRIALIZADO – IPI

O imposto incide sobre produtos industrializados, sendo aplicado também em produtos de procedência estrangeira.

Através do Decreto 2944 de 22/01/99, vigente até 30/06/99, foi concedida isenção temporária do IPI aos equipamentos neste período.

2.2.3 - IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS E SERVIÇOS - ICMS

O ICMS é o um tributo de competência estadual sobre operações de circulação de mercadorias, ainda que a operação seja iniciada no exterior. As alíquotas são diferenciadas por estado, com valores em torno de 18%. A base de cálculo do ICMS é o valor aduaneiro + imposto de importação + imposto sobre produto industrializado.

2.2.4 - TAXAS PORTUÁRIAS

Além dos tributos citados são devidos ainda:

AFRM - Adicional de Frete para Renovação da Marinha Mercante - 25% do valor do frete
Armazenagem e Capatazia - 3% do Imposto que é devido, mesmo no caso de isenção do II.

2.2.5 – RESUMO DOS IMPOSTOS

Os impostos acima podem ser agrupados na tabela

abaixo:

TABELA 1 – Tarifas Alfandegárias

	II	IPI	ICMS
	%	%	%
TURBINA A GÁS	3	I.T (A)	18 (C)
GERADOR ELÉTRICO	19 (B)	I.T (A)	18 (C)
TURBINA A VAPOR	19 (B)	I.T (A)	18 (C)
CALDEIRA	19 (B)	I.T (A)	18 (C)

I.T - Isenção temporária

A - Decreto 2944 , vigente até 30/06/99, de 22/01/99 , concedendo isenção temporária neste período. Alteração de IPI prevista para entrar em vigor a partir de 01/07/99 , passando para alíquota de 5%

B – Programa de redução das alíquotas de II. Decreto 2.376, de 13/11/97
1999 - 10%
2000 - 18%
2001 -14%

C – Pela TEC, convênio ICMS 052/91

Fonte : Tarifa Externa Comum – TEC 4º Edição – Fev/99

2.3 – DESPESAS COM INTERNALIZAÇÃO

Outros equipamentos , como chaminé de desvio e equipamentos auxiliares podem ser fabricados no Brasil, com a supervisão do fornecedor da tecnologia. A internalização de materiais, aquisição de tecnologia e demais fatores relacionados com a fabricação nacional representam custos adicionais da ordem de 30 % sobre os valores internacionais

2.4 – FRETE E SEGURO

Considerou-se para frete o percentual de 3 % sobre o custo do componente no mercado internacional, incluindo transporte marítimo até o porto de origem no Brasil. O transporte terrestre até o local da usina não está incluído neste percentual

Para cálculo do seguro, foi considerado 1,5 % sobre o preço CIF (Preço FOB acrescido do frete e do adicional de Marinha Mercante).

2.5 – OUTROS CUSTOS

Os efeitos econômicos relacionados ao Meio Ambiente não foram especificados separadamente. Parte dos custos ambientais estão embutidos nas diversas

tecnologias (por exemplo, controle de NO_x). Possíveis custos adicionais devido a modificações da legislação, com redução das taxas de emissão atualmente praticadas, foram consideradas como contingenciamento, já embutidos na análise.

3.0 – COMPONENTES DO CUSTO DE GERAÇÃO

O custo de geração de uma usina é dependente do fator de capacidade com que se pretende operar a planta . Naturalmente , usinas termelétricas operando em faixas intermediárias ou em regime de ponta, apresentam um custo elevado em R\$ / MWh , mas são fundamentais na garantia de disponibilidade e devem ter remuneração especial.

Na avaliação do custo de geração foram considerados o custo de amortização do capital, despesas com pessoal, despesas com operação e manutenção, e custo de combustível. É importante notar que algumas despesas são fixas, ou seja, independem do fator de capacidade, número de horas de operação ou potência da planta. Este é o caso do custo de pessoal. Despesas variáveis são diretamente proporcionais a quantidade de energia produzida, como, por exemplo, os gastos com combustível.

Custo de capital : foi utilizado o fator de recuperação de capital de um investimento equivalente ao custo de instalação, por um período de 25 anos, a uma taxa de juros de 10 % a.a.

Despesa com pessoal : foi considerada uma despesa anual de cerca de R\$ 70.000,00, por funcionário, e a seguinte distribuição de pessoal:

Turbina a gás ciclo simples	: 20 funcionários
Ciclo combinado	: 30-40 funcionários
Planta IGCC	: 100 funcionários
Planta ACFB	: 60 funcionários

Despesas com O&M – estimado em cerca de 2,5 % do custo de instalação (para Manaus, cerca de 3 %)

Custo de combustível – para efeito deste estudo, foram utilizados os valores de 3,4E-6 R\$/kJ para o gás natural 2,00E-6 R\$/kJ para o carvão importado, 2,42E-6 R\$/kJ para a lenha e 5,91E-6 R\$/kJ para o diesel.

4.0 - CONCLUSÕES

As conclusões abaixo foram obtidas das tabelas 2, 3, 4 e da figura 1.

Entre os múltiplos aspectos que influenciam a implantação de novas usinas termelétricas no Brasil, as seguintes conclusões podem ser retiradas deste trabalho:

Independente da localização da usina, as concepções de ciclo combinado a gás natural com alta economia de escala (eixo único, 760 MW ISO e 240 MW ISO) são as mais viáveis economicamente. Os custos para as alternativas com eixo múltiplo de mesma potência são da ordem de 5% a 10% maiores que os correspondentes para as unidades de eixo único; Para regimes de operação na ponta do sistema, a opção mais viável é a da usina com turbina a gás, ciclo simples, 165 MW ISO. Ressalte-se o fato que mesmo para operação na base esta opção se revelou bastante viável, com custos de geração da ordem de 43 R\$/MWh;

No que se refere às opções a carvão, há que se levar em conta as grandes reservas mundiais, de cerca de 300 anos de consumo projetado, que justificam a inclusão desse combustível em qualquer planejamento estratégico. Neste trabalho, a opção da planta a carvão importado pulverizado de 350MW ISO é a mais viável economicamente, com custos de geração da ordem de 58 R\$/MWh para alto fator de capacidade, ou geração na base do sistema.

A opção ACFB (leito fluidizado atmosférico circulante) é viável e justificada na faixa (já

comprovada tecnologicamente) de 150 a 200 MW ISO, em operações com múltiplos carvões ou combustíveis pesados;

A opção IGCC (gaseificação integrada com ciclo combinado) ainda não se revelou uma alternativa viável no Brasil, no momento. No entanto, já existem

cerca de 4 plantas piloto nos EEUU, já em operação DEMO, com custos estimados de cerca de 1900 R\$/MW. Várias alternativas de melhorias tecnológicas, atualmente em teste (por exemplo, tratamento dos gases a quente), poderão reduzir este custo para cerca de 1100 R\$/MW, já no ano 2000, com eficiências totais de 53%, representando as menores emissões de CO₂ - efeito estufa - na atmosfera, para todas as tecnologias a carvão. Este fato, aliado às emissões mínimas de SO_x e NO_x inerentes à tecnologia, deverá justificar seu uso crescente no mundo, nos próximos anos.

5.0 – BIBLIOGRAFIA

- (1) TARIFA EXTERNA COMUM – TEC – Fev.99 – Editora Aduaneiras.
- (2) TECHNICAL ASSESSMENT GUIDE – EPRI.
- (3) FLEISHER, GERD A. – Teoria da Aplicação do Capital.
- (4) COST REDUCTION IN SYSTEM OPERATION BY GREATER FLEXIBILITY OF THERMAL POWER PLANT – Siemens Power Generator (1996).
- (5) POWER PLANT ECONOMIC ANALYSIS – ABB Power Generator Inc.
- (6) CONSULTAS a fabricantes, catálogos e propostas técnicas relativas a Usinas Termelétricas.

TABELA 2 – Exemplo para Usina Termelétrica – ciclo combinado – eixo único – 240MW

CUSTO BÁSICO DA UNIDADE GERADORA									
EQUIPAMENTO	CUSTO	FRETE	AFRM	SEGURO	A & C	II	IPI	ICMS	CUSTO
	MERCADO								MERCADO
	INTERNACIONAL								NACIONAL
	US\$ * 1.000	US\$*1.000	US\$*1.000	US\$*1.000	US\$*1.000	(%)	(%)	(%)	US\$*1.000
Turbina a gás	20265,91	607,98	151,99	315,39	640,24	3	0	18	
Gerador elétrico	4808,86	144,27	36,07	74,84	151,92	19	0	18	
Caldeira de recuperação	10029,91	300,90	75,22	156,09	316,86	19	0	18	
Turbina a vapor (incluindo condensador)	11197,77	335,93	83,98	174,27	353,76	19	0	18	
Instrumentação e controle	4946,26	148,39	37,10	76,98	156,26	19	0	18	
Sistemas elétricos (incluindo transformador)	11129,08								14467,80
sistemas mecânicos	6320,22								8216,28
TOTAL PARCIAL	68698								22684,08
TOTAL GERAL									93950,52

PLANILHA DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

ITEM	Custo R\$*1.000	Custo Unitário R\$*1.000/MW
UNIDADES DE GERAÇÃO	113680,13	475,65
UNIDADES DE APOIO	15283,66	63,95
ENGENHARIA E GERENCIAMENTO	13100,28	54,81
MONTAGEM E COMISSONAMENTO	19650,42	82,22
CONTINGÊNCIAS	10916,90	45,68
JUROS DURANTE A CONSTRUÇÃO	21833,80	91,35
TOTAL	180444,66	813,66

Data:

US\$1,00 = R\$1,21

TABELA 3 – Custos de Geração para Diversas Tecnologias (7000 h/ano) - Condições ISO

Condições locais	ISO									
	Temperatura	Umidade	Altitude	Investimento	Potência líquida local	Eficiência local	Despesas com pessoal	O&M	Custo do combustível	Custo de geração
	°C	%	mbar	R\$10 E06	MW	%	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh
		60	1013							
Turbina a gás ciclo simples 100MW				62,35	97,50	36,00	1,47	2,28	34,00	47,81
Turbina a gás ciclo simples 165 MW				70,02	164,00	38,00	0,87	1,52	32,21	41,33
Ciclo combinado 100MW				135,24	101,00	55,50	1,41	4,78	22,05	49,32
Ciclo combinado 240MW				180,44	239,00	56,40	0,60	2,70	21,70	36,88
Ciclo combinado duplo bloco 480MW				322,69	478,00	56,40	0,30	2,41	21,70	35,04
Ciclo combinado 600MW				322,69	600,00	52,72	0,24	1,92	23,22	33,84
Ciclo combinado 3blocos 760MW				435,60	760,00	56,00	0,19	2,05	21,86	33,11
Planta a carvão ACFB 165MW				369,02	165,00	44,00	0,87	7,99	16,36	60,42
Planta a carvão IGCC 300MW				990,24	300,00	47,60	0,48	11,79	15,13	79,34
Planta a carvão pulverizado 350MW				605,45	350,00	41,00	0,41	6,18	17,56	51,37
IGCC-Biomassa AP 135MW				384,96	131,70	39,70	1,08	10,44	21,94	79,47
IGCC-Biomassa BP 110MW				269,08	105,40	38,90	1,36	9,12	22,40	73,05
Diesel Bi-combustível a gás 50MW				54,54	49,25	42,00	2,90	3,96	50,66	74,94

TABELA 4 – Custos de Geração para Diversas Tecnologias (7000 h/ano) - RIO DE JANEIRO

Condições locais	RJ								
	Temperatura	°C	26						
Umidade	%	78							
Altitude	mbar	1013							
	Investimento	Potência líquida local	Eficiência local	Custo	Recuperação do capital	Despesas com pessoal	O&M	Custo do combustível	Custo de geração
	R\$10 E06	MW	%	R\$/KW	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh	R\$/MWh
Turbina a gás ciclo simples 165 MW	70.02	152.67	37.58	458.65	7.22	0.94	1.64	32.57	42.36
Ciclo combinado 100MW	135.24	94.02	54.89	1438.38	22.64	1.52	5.14	22.30	51.59
Ciclo combinado 240MW	180.44	222.49	55.78	811.02	12.76	0.64	2.90	21.94	38.25
Ciclo combinado 3blocos 760MW	435.60	707.51	55.38	615.68	9.69	0.20	2.20	22.10	34.19
Planta a carvão ACFB 165MW	369.02	165.00	44.00	2236.48	35.20	0.87	7.99	16.36	60.42
Planta a carvão IGCC 300MW	990.24	279.28	47.08	3545.69	55.80	0.51	12.66	15.29	84.27
Planta a carvão pulverizado 350MW	605.45	350.00	41.00	1729.87	27.23	0.41	6.18	17.56	51.37
IGCC-Biomassa TPS 110MW	269.08	122.60	39.26	2194.72	34.54	1.17	7.84	22.19	65.73
Diesel Bi-combustível a gás 50MW	54.54	49.25	42.00	1107.49	17.43	2.90	3.96	50.66	74.94

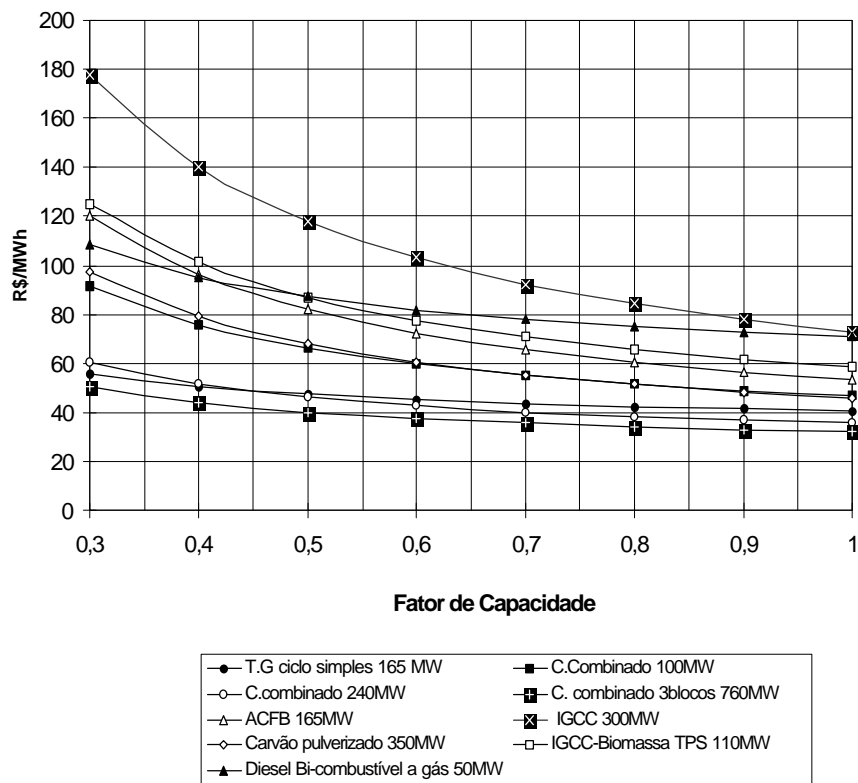


FIGURA 1 – Variação dos Custos de Geração para Diversas Tecnologias – RIO DE JANEIRO