

# INCORPORAÇÃO DE SISTEMAS DE CO-GERAÇÃO AOS SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA: UM ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA

**Luíz Donizeti Clementino**

Artigo referente à dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, em 07 de Junho de 2000.

Área de Concentração: Sistemas de Potência

Orientador: Lineu Belico dos Reis

*O uso mais eficiente da energia encontra na co-geração de energia elétrica um excelente aliado. A atual tendência do uso mais intensivo do gás natural, mesmo para combustíveis tradicionalmente já utilizados, faz com que novos empreendimentos de plantas de co-geração de energia elétrica precisam de um método para análise da viabilidade técnico-econômica. Com o objetivo de se ter um roteiro de cálculos para a análise técnico-econômica, foi utilizado o método das Receitas Requeridas adaptado à realidade brasileira. Foi realizado um estudo de caso sobre a proposta de implantação de uma unidade de co-geração no Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (USP). Nesse estudo, com o uso do método Receitas Requeridas para a opção turbina a gás em ciclo combinado — com co-geração, o valor R\$/MWh resultou menor do que aquele que foi encontrado para turbina a gás simples. Esse fato ensejou a implantação de uma unidade de co-geração no Hospital Universitário em substituição ao antigo sistema.*

## 1. INTRODUÇÃO

A incorporação de sistemas de co-geração aos sistemas elétricos de potência torna-se cada vez mais interessante no Brasil, devido ao fato de que ela aumenta a oferta de energia elétrica através do uso mais eficiente do combustível, o qual já é utilizado para atender às linhas de processos nas indústrias, por exemplo.

Com a vinda do gás natural da Bolívia é interessante apresentar as alternativas tecnológicas para a co-geração, visando ao uso e à comercialização de energia elétrica, como é o caso das turbinas a gás e seus vários arranjos, os quais possibilitam maior eficiência do combustível utilizado.

Se há novos empreendimentos de plantas de co-geração a serem executados, então há a necessidade de um método

para se estudar a viabilidade técnico-econômica desses empreendimentos. Em assim sendo, é utilizado neste trabalho o método das Receitas Requeridas apresentado no Relatório *Electric Power Research Institute (EPRI) TR-100281*, com as devidas adaptações para a realidade brasileira.

No presente trabalho são elaboradas rotinas de cálculos objetivando-se à confecção de um roteiro para a avaliação da viabilidade técnico-econômica de plantas com co-geração.

Finalmente, de posse de um método em forma de roteiro de cálculos, é apresentado um estudo de caso com a proposta de se implantar uma unidade de co-geração no Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (USP), em substituição ao sistema atual, qual seja, compra de energia elétrica da concessionária e geração de vapor com óleo combustível separadamente.

## 2 CONTEXTO ENERGÉTICO DA CO-GERAÇÃO

### 2.1 O Brasil frente à dependência externa de energia - o uso mais eficiente do combustível

A co-geração, que também pode ser entendida como um fator de redução da dependência externa de energia, pois aumenta a eficiência energética, em 1997 já apresentava uma potência instalada no Brasil em torno de 1100 MW [2].

### 2.2 A co-geração como opção para o uso mais eficiente da energia

A co-geração, por definição, é uma instalação na qual se produz, de uma forma combinada, energia elétrica e formas usuais de energia térmica (tal como calor ou vapor) utilizadas em indústrias, comércio, aquecimento ou resfriamento, através do uso seqüencial da energia a partir de um combustível.

Instalações de co-geração são geralmente classificadas como *Topping cycle* ou *Bottoming cycle* [1]-[2]-[3]. A instalação do tipo *Topping cycle* é mais usual e consiste na produção de energia mecânica através de uma máquina térmica que descarta calor para um processo qualquer [4] (Figura 1).

Já a instalação do tipo *Bottoming cycle* é uma modalidade menos comum de co-geração, onde o calor a altas temperaturas, rejeitado por processos industriais, é aproveitado para gerar energia mecânica/elétrica [4] (Figura 2).

Como se pode notar na Figura 1 e na Figura 2 o fato do vapor produzido servir para gerar energia elétrica e concomitantemente

atender ao processo inicial a que se destinava, caracteriza o uso eficiente da energia que produziu o vapor, portanto diz-se que houve co-geração de energia elétrica.

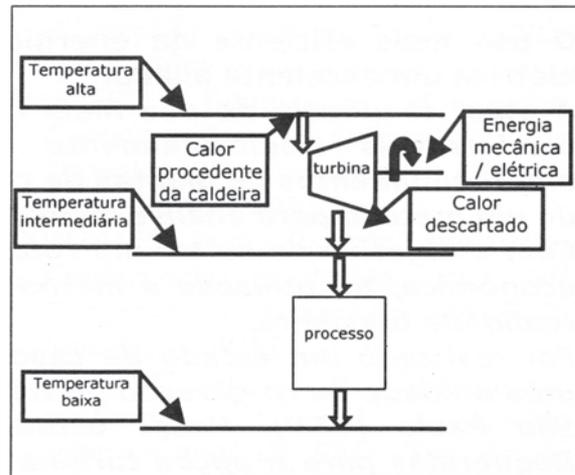


Figura 1: Instalação de Co-Geração do Tipo *Topping Cycle*

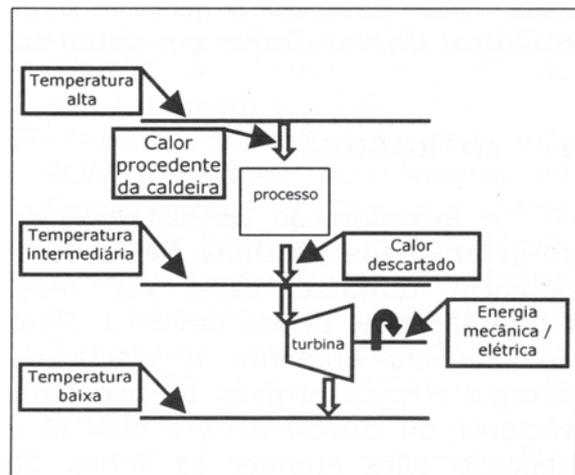


Figura 2: Instalação de Co-Geração do Tipo *Bottoming Cycle*

## 3 AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE CO-GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DO MÉTODO DAS RECEITAS REQUERIDAS

O investidor em projetos de co-geração de energia elétrica, no âmbito da iniciativa privada ou em um órgão público, tem a

necessidade de realizar análises técnico-econômicas antes do efetivo emprego de um recurso financeiro em um determinado empreendimento, como, por exemplo, os montantes de receitas captadas anualmente ao longo da vida contábil de uma central de co-geração de energia elétrica, obviamente para, depois de subtraídas as despesas e encargos, saber qual o retorno líquido do capital investido.

O *Electric Power Research Institute* (EPRI), entre outros trabalhos que constam de seu acervo, tem o Relatório TR-100281 (1991) [5] o qual apresenta métodos para se fazer uma avaliação da viabilidade técnico-econômica de investimentos de capital em sistemas térmicos de geração de energia elétrica. Esse relatório será tomado como base para se elaborar um roteiro para avaliação da viabilidade técnico-econômica de sistemas de co-geração de energia elétrica, de acordo com a realidade do nosso país, portanto, com as adaptações e alterações necessárias.

O método de cálculo aplicável na avaliação de investimentos de capital em plantas de geração térmica de energia, isto é, o método das Receitas

Requeridas é um dos apresentados no Relatório do EPRI, o qual será utilizado no roteiro de cálculos que será apresentado nos próximos itens. Esse método inclui todos os custos do serviço de geração de energia elétrica, quais sejam: combustível, despesas de operação e manutenção (O&M), depreciação, impostos, juros e renda líquida e projeta esses custos ao longo da vida útil (considerada igual à vida contábil) do investimento, utilizando as regras clássicas de contabilidade. A aritmética de valores presentes é utilizada para calcular valores submetidos ao processo de nivelção,

ou seja, uniformemente distribuídos ao longo dos anos, os quais podem ser expressos em R\$/MWh ou US\$/MWh e utilizados para análise de sensibilidade.

As Receitas Requeridas ou Requisitos de Receitas são o montante que deve ser arrecadado dos consumidores para compensar ao proprietário da planta pelos gastos realizados para sua implantação e funcionamento. Este montante é constituído de dois componentes: Encargos de Capital e Despesas. Na Figura 3 pode se ver, de forma resumida, as partes integrantes dos “Requisitos de Receitas” para uma planta de co-geração.

Os procedimentos constituintes do método Receitas Requeridas serão apresentados a seguir.

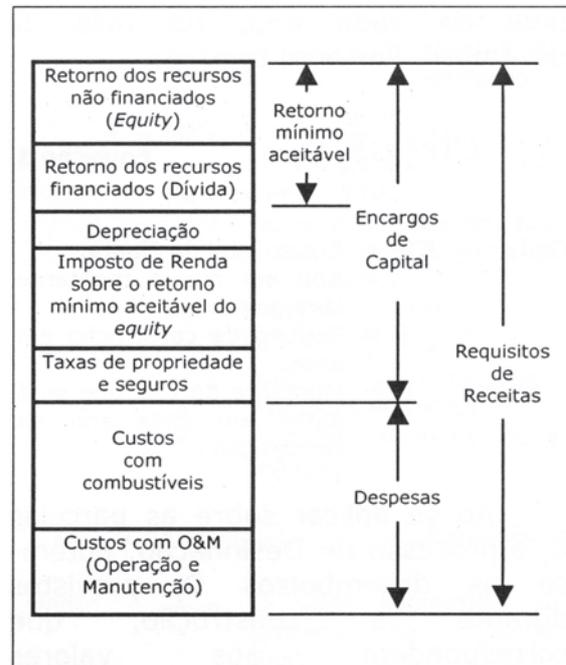


Figura 3: Partes Integrantes dos Requisitos de Receitas

Fonte: Referência [5] (1991)

### 3.1 Requisitos de receitas referentes aos encargos de capital

A quantia total de capital necessária para a execução de um empreendimento é constituída de várias

partes em função das várias etapas da realização do empreendimento, quais sejam: fase de construção e entrada em operação.

Uma das formas de saber sobre o capital necessário para um empreendimento se dá através do Custo Total da Planta (CTP), o qual diz respeito ao total de todos os custos diretos e indiretos, incluindo engenharia, despesas gerais, contratações e contingências. Esse custo é um valor de cálculo instantâneo em R\$/kW ou US\$/kW na data de colocação em operação.

O CTP é composto por parcelas do montante que será gasto em cada ano da construção, ou seja,  $C_j$ , onde  $j$  corresponde ao ano em que o montante será gasto. A parcela  $C_j$  será assumida como sendo gasta no final de cada ano, no mês de dezembro. Portanto tem-se:

$$CTP = \sum_{j=1}^N C_j \quad \text{Equação 1}$$

Onde: CTP = Custo Total da Planta.  
 $j$  = Ano em que o montante será gasto.  
 $N$  = Período de construção em anos.  
 $C_j$  = Montante do CTP que será gasto em cada ano da construção.

Ao se aplicar sobre as parcelas  $C_j$  o processo de Desinflação, obtêm-se os desembolsos  $D_j$  previstos durante a construção, que correspondem aos valores efetivamente gastos em cada ano de construção.

A soma das parcelas  $D_j$  recebe o nome de Dinheiro Total Gasto (DTG), ou seja:

$$DTG = \sum_{j=1}^N D_j \quad \text{Equação 2}$$

$$D_j = \left[ \frac{1}{(1 + a_a)^n} \right] \times C_j \quad \text{Equação 3}$$

Onde: DTG = Dinheiro Total Gasto.  
 $j$  = Ano em que o montante será gasto.  
 $N$  = Período de construção em anos.  
 $D_j$  = Parcela do desembolso previsto durante a construção.  
 $a_a$  = Aumento aparente = aumento real + inflação.  
 $n$  = Número de anos em que incide a taxa de juros ou de desconto.  
 $C_j$  = Montante do CTP que será gasto em cada ano da construção.

Se sobre cada parcela de desembolso  $D_j$  for aplicada a taxa de juros  $i$  com o objetivo de se retornar com os cálculos à data da colocação em operação da planta, serão obtidas as parcelas  $I_j$  de Investimento Total na Planta (ITP).

A soma das parcelas  $I_j$  recebe o nome de Investimento Total na Planta (ITP), ou seja:

$$ITP = \sum_{j=1}^N I_j \quad \text{Equação 4}$$

$$I_j = \left[ \frac{(1 + i)^n}{(1 + a_a)^n} \right] \times C_j \quad \text{Equação 5}$$

Onde: ITP = Investimento Total na Planta.  
 $j$  = Ano em que o montante será gasto.  
 $N$  = Período de construção em anos.  
 $I_j$  = Parcela do Investimento Total na Planta.  
 $i$  = Taxa de juros.  
 $a_a$  = Aumento aparente = aumento real + inflação.  
 $n$  = Número de anos em que incide a taxa de juros ou de desconto.  
 $C_j$  = Montante do CTP que será gasto em cada ano da construção

O ITP é, portanto, o resultado da soma do Dinheiro Total Gasto (DTG) mais os Juros Durante a Construção

(JDC). Então, para se obter os JDC, procede-se da seguinte forma:

$$\text{JDC} = \text{ITP} - \text{DTG} \quad \text{Equação 6}$$

Onde: JDC = Juros Durante a Construção.  
ITP = Investimento Total na Planta.  
DTG = Dinheiro Total Gasto.

Se ao ITP acrescentar-se as Despesas do Proprietário (DP), que correspondem aos gastos com terras, inventário e partida da planta, obtém-se o valor final em R\$/kW ou US\$/kW que é chamado de Capital Total Necessário (CTN), o qual ao ser multiplicado pela potência da planta representa a medida dos recursos necessários, ou seja:

$$\text{CTN} = \text{ITP} + \text{DP} \quad \text{Equação 7}$$

Onde: CTN = Capital Total Necessário.  
ITP = Investimento Total na Planta.  
DP = Despesas do Proprietário.

Os parâmetros DTG, JDC e CTN serão utilizados para se calcular os encargos de capital, conforme será visto no estudo de caso do item 4.

### 3.2 Processo de nivelção de valores

O processo de nivelção de valores (*levelization*) é uma técnica que consiste, para facilidade de análise, em tomar uma série de valores irregulares de despesas anuais, por motivos de aumentos reais ou de inflação, convertê-los a uma soma (valor presente) no início do período estudado e redistribuí-los de forma uniforme ao longo dos anos. Um pagamento equivalente anual submetido ao processo de nivelção, como gastos com combustível em uma planta

de co-geração, por exemplo, forma uma base para comparação entre alternativas de um determinado investimento.

Se uma série de pagamentos é uniforme ao longo do tempo, exceto por uma constante de aumento aparente (aumento real + inflação), como é o caso dos gastos com combustível em uma planta de co-geração, por exemplo, o valor submetido ao processo de nivelção final ( $\lambda$ ) da série pode ser obtido através da multiplicação da quantia monetária inicial a ser submetida ao processo de nivelção ( $w_{in}$ ) pelo fator de nivelção, ( $L_n$ ), qual seja:

$$L_n = \frac{k(1 - k^n)}{a_n(1 - k)} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:  $L_n$  = Fator de nivelção.

$$k = \frac{1 + a_a}{1 + i_{des}} = \text{Constante do fator de nivelção}$$

$$a_n = \text{FA} = \frac{1}{(1+i_{des})^1} + \frac{1}{(1+i_{des})^2} + K + \frac{1}{(1+i_{des})^n}$$

FA = Fator Anual  
n = Número de anos em que incide a taxa de juros ou de desconto.

$i_{des}$  = Taxa de Desconto.

$$a_a = [(1 + a_r)(1 + a_i)] - 1$$

$a_a$  = Aumento aparente anual.

$a_r$  = Aumento real anual.

$a_i$  = Aumento anual devido à inflação.

$$\lambda = (w_{in})(L_n) \quad \text{Equação 9}$$

Onde:  $\lambda$  = O valor submetido ao processo de nivelção final.

$w_{in}$  = Quantia monetária inicial a ser submetida ao processo de nivelção.

$L_n$  = Fator de nivelção.

## 4 ESTUDO DE CASO

O método de análise técnico-econômica Receitas Requeridas, pode ser aplicado em casos em que se desejem

implantar programas de conservação de energia através da co-geração, visando ao uso eficiente de energia em um sistema existente que já produza vapor para atender suas necessidades e compra energia elétrica de uma concessionária, como é o caso do Hospital Universitário de São Paulo (HU) na Universidade de São Paulo — USP.

A proposta é fazer um estudo para a seguinte situação: empregar o método das Receitas Requeridas para comparação entre o sistema atual e o proposto. A comparação será feita através do valor do MWh em Reais, submetido ao processo de nivelção; em que será obtido numa **primeira etapa** (caldeira + energia elétrica da concessionária) o valor desembolsado hoje pelo Hospital com o MWh equivalente referente ao combustível utilizado nas caldeiras existentes mais o MWh da energia elétrica que é pago à concessionária.

Numa **segunda etapa** obter-se-á o valor do MWh para uma proposta de planta, em substituição ao sistema atual, sendo que a tecnologia a ser empregada na nova planta atenderá às demandas por energia elétrica e vapor (utilizado na cozinha e lavanderia), e utilizará como combustível o gás natural em substituição ao óleo.

Assim, a **primeira escolha** será a tecnologia de Turbina a gás simples — com co-geração e a **segunda escolha** Turbina a gás em ciclo combinado — com co-geração.

#### 4.1 Primeira etapa — cálculo do valor do MWh (total) do sistema atual (caldeira + energia elétrica da concessionária)

Os dados da planta para a primeira etapa, cujo esquema é apresentado na Figura 4, são apresentados na Tabela 1.

Como o objetivo é calcular o valor do MWh total (submetido ao processo de nivelção) para o sistema atual (caldeira + energia elétrica da concessionária), serão necessários os dados contábeis e financeiros da planta, conforme são apresentados na Tabela 2.

Após realizar-se os devidos cálculos obtém-se o valor das Receitas Requeridas totais, conforme apresenta o Quadro Demonstrativo — I.

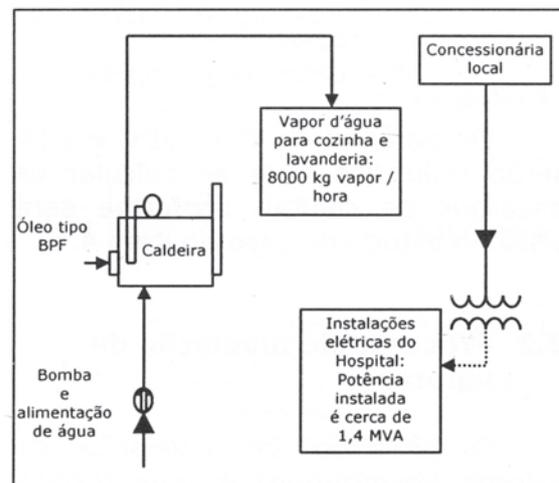


Figura 4: Sistema Atual (Caldeira + Energia Elétrica da Concessionária)

Consumo mensal do óleo tipo BPF	<b>75 toneladas</b> (equivalente a 720 MWh de energia elétrica por mês) [6]. Custando R\$ 0,35 / kg.
Vapor d'água	Produção de <b>8.000 kg vapor/hora</b> — em duas caldeiras de 3.975 kg vapor/hora — para lavanderia e cozinha [6].
Energia elétrica	A potência elétrica instalada no Hospital é cerca de <b>1,4 MVA</b> [6]. O Hospital é alimentado em 13,8 kV pela subestação da Cidade Universitária da USP, a qual é enquadrada no Grupo A (referente à Classe de Consumidores), Subgrupo A4 (referente à Tensão de Fornecimento, qual seja: 2,3 a 25 kV) e estrutura de Tarifa Convencional. Com esse enquadramento o valor pago pelo Hospital pela Energia Elétrica é <b>R\$ 87,82/MWh</b> .

Tabela 1: Dados da Planta para o Sistema Atual (Caldeira + Energia Elétrica da Concessionária)

Dados contábeis	Vida Contábil = 30 anos (com relação à nova tecnologia a ser implantada). Depreciação = 30 anos.
Indicadores financeiros	<b>INFLAÇÃO</b> = 5% ao ano, ao longo da vida contábil. Aumento real de custos do combustível = 1,6 % ao ano além da inflação. Taxa de desconto depois do imposto = 9,8 %.

**Tabela 2:** Dados Contábeis e Financeiros para o Sistema Atual (Caldeira + Energia Elétrica da Concessionária)

-Óleo submetido à nivelção=	R\$ 75,67/MWh +
-Energia elétrica submetida à nivelção=	R\$ 182,31/MWh
<b>Receitas Requeridas totais=</b>	<b>R\$ 257,98/MWh</b>

**Quadro Demonstrativo — I**

## 4.2 Segunda etapa - cálculo do MWh (total) para a proposta de uma planta de co-geração de energia elétrica em substituição ao sistema atual

### 4.2.1 Primeira escolha: tecnologia Turbina a gás simples — com co-geração no Hospital Universitário da USP

Para a primeira escolha será calculado o valor do MWh das Receitas Requeridas (submetido ao processo de nivelção), cujo esquema da planta é apresentado na Figura 5.

Os dados da planta para a primeira escolha são apresentados na Tabela 3.

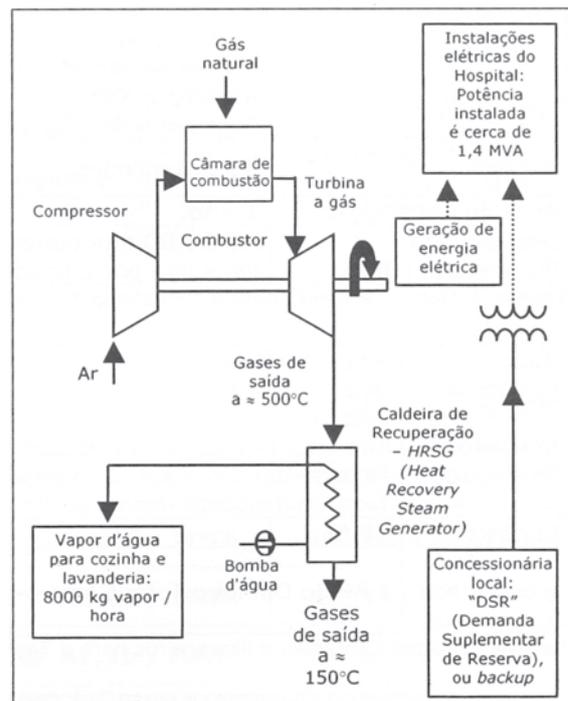
Como o objetivo é calcular o valor do MWh total (submetido ao processo de nivelção), serão necessários os dados contábeis e os financeiros da planta, conforme são apresentados na Tabela 4.

Após realizar-se os devidos cálculos obtém-se o valor das Receitas Requeridas Totais, conforme apresenta o Quadro Demonstrativo — II.

Para essa planta com a tecnologia Turbina a gás simples — com co-geração, o valor da energia elétrica é obtido subtraindo-se das

Receitas Requeridas totais (R\$ 163,15/MWh), a importância do valor do vapor, o qual é calculado em R\$ 47,33, resultando:

$$\lambda (\text{energia elétrica}) = \text{R\$ } 115,82/\text{MWh}$$



**Figura 5:** Primeira Escolha: Tecnologia — Turbina a Gás Simples — com Co-geração

Combustível:	Preço do Combustível (gás natural com PCI = 9400 kcal / m <sup>3</sup> ) = <b>R\$ 0,173/m<sup>3</sup></b> . A relação R\$/MBTU a partir do preço do gás é <b>R\$ 4,64/MBTU</b> .
O&M	Fixo= R\$ 1,9/kW—ano [5] Variável= R\$ 19X10 <sup>-3</sup> /kWh [5]
Vapor d'água:	Demanda de <b>8.000 kg vapor/hora</b> — para lavanderia e cozinha [6]. Preço do vapor d'água: <b>R\$ 11,40/t</b> (Este valor foi obtido no Curso sobre co-geração e geração térmica de energia para investidores e não especialistas — Realizado em 27/05/98 no Rio de Janeiro pela empresa Cognitor — Consultoria, Pesquisa Tecnologia e Treinamento Ltda.
Relação tonelada de vapor/hora por MW	2 t / h por MW.
Eficiência da tecnologia utilizada na planta.	<b>30 %.</b>
Fator de Capacidade:	<b>90 %.</b> Esta percentagem será a adotada em função das características de funcionamento do Hospital.
Potência Nominal:	<b>4 MW.</b> A escolha de 4 MW foi devido à demanda de vapor da planta ser de 8 toneladas/hora, pois a tecnologia Turbina a gás simples — com co-geração apresenta a relação tonelada de vapor/hora por MW na ordem de 2 toneladas/hora por MW. Ocorre que para atender à demanda de energia elétrica do Hospital a opção seria por 2 MW (o que já corresponderia a uma escolha conservadora), em que o excedente de energia elétrica produzida para o Hospital seria destinado a outros setores da Cidade Universitária [6]. Desta forma a escolha por 4 MW foi para atender à demanda de vapor e o excedente de energia elétrica poderá se destinar a outros setores da Cidade Universitária.
Custo Unitário:	<b>R\$ 900 / KW.</b> Considerando US\$ 1,00 = R\$ 1,90.
Custo Total da Planta (CTP):	<b>R\$ 3,6 milhões.</b>
Anos de Construção:	<b>1 ano.</b>
Despesas do Proprietário (DP):	<b>R\$ 20,00</b> que correspondem aos gastos com terras, inventário e partida da planta por unidade da quantia referência de R\$ 1000,00 [5].

**Tabela 3:** Dados da Planta para a Tecnologia Turbina a Gás Simples — com Co-Geração

Dados contábeis:	Vida Contábil= Depreciação=	<b>30 anos.</b> <b>30 anos.</b>
Indicadores financeiros:	Inflação= Aumento real de custos do combustível= Taxa de desconto antes do imposto= Taxa de desconto depois do imposto=	<b>5 %</b> ao ano, ao longo da vida contábil. <b>1,6 %</b> ao ano além da inflação. <b>11,5 %.</b> <b>9,8 %.</b>
Impostos:		<b>38 %.</b>
Taxas de propriedade e seguros:		<b>2 %</b> do Dinheiro Total Gasto — DTG [5].

**Tabela 4:** Dados Contábeis e Financeiros para a Tecnologia Turbina a Gás Simples — com Co-Geração

Encargos de capital=	R\$ 19,63/MWh +
Custo do combustível=	R\$ 109,47/MWh +
Custos de O&M=	R\$ 34,05/MWh
<b>Receitas Requeridas Totais =</b>	<b>R\$ 163,15/MWh</b>

**Quadro Demonstrativo — II**

#### 4. 2. 2 Segunda escolha: tecnologia Turbina a gás em ciclo combinado — com co-geração no Hospital Universitário da USP

Para a segunda escolha será calculado o valor do MWh das Receitas Requeridas (submetido ao processo de nivelção), cujo esquema da planta é apresentado na Figura 6.

O valor do R\$/MWh através das Receitas Requeridas é apresentado na Tabela 5, com a sinopse das três situações, quais sejam: primeira etapa: o sistema atual (caldeira + energia elétrica da concessionária), primeira escolha: tecnologia Turbina a gás simples — com co-geração e segunda escolha: tecnologia Turbina a gás em ciclo combinado — com co-geração.

A proposta da tecnologia Turbina a gás em ciclo combinado — com co-geração é a mais indicada com relação ao valor do MWh total e à “só Energia Elétrica”, o que já não ocorre em relação ao componente “só vapor”, onde a tecnologia mais indicada seria a Turbina a gás simples, porém esse

componente é menos relevante em relação aos outros dois.

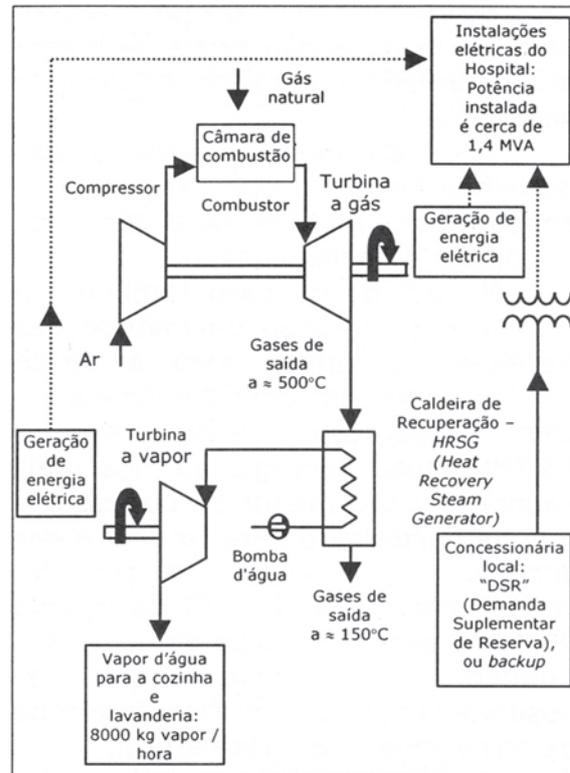


Figura 6: Segunda Escolha: Tecnologia — Turbina a Gás em Ciclo Combinado — com Co-Geração

	Sistema atual: <u>caldeira + energia elétrica da concessionária</u>	Tecnologia: <u>Turbina a Gás Simples — com co-geração</u>	Tecnologia: <u>Turbina a Gás em Ciclo Combinado — com co-geração</u>
MWh total (En. Elétrica + vapor)	R\$ 257,98 / MWh	R\$ 163,15 / MWh	R\$ 102,81 / MWh
MWh (só Energia Elétrica)	R\$ 182,31 / MWh	R\$ 115,82 / MWh	R\$ 43,64 / MWh
MWh (só vapor)	R\$ 75,67 / MWh	R\$ 47,33 / MWh	R\$ 59,17 / MWh

Tabela 5: Sinopse — (Sistema Atual) X (Turbina a Gás Simples) X (Turbina a Gás em Ciclo Combinado)

### 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos no item 4 — estudo de caso, em que se tem a proposta de implantação de uma unidade de co-geração no Hospital Universitário da Universidade de São Paulo(USP), são

favoráveis à proposta de co-geração. Nos cálculos das Receitas Requeridas realizados para a proposta: sistema atual versus turbina a gás simples — com co-geração o valor do R\$/MWh total (energia elétrica mais vapor) obtido para a tecnologia turbina a gás simples —

com co-geração correspondeu a 63,24 % do mesmo R\$/MWh para a opção sistema atual. Cabe ressaltar que não foram incluídos na análise os gastos com a rede de fornecimento do gás natural, uma vez que ela não existe na planta atual. Também não foram incluídos os gastos do valor do óleo de ignição das caldeiras atuais, que segundo o engenheiro da manutenção do Hospital é de baixo consumo.

No estudo de caso também foi realizada a aplicação do método das Receitas Requeridas para a opção turbina a gás em ciclo combinado — com co-geração. Neste caso o R\$/MWh total (energia elétrica mais vapor) resultou menor do que aquele que foi encontrado para turbina a gás simples — com co-geração, correspondendo a 39,85 % do mesmo R\$/MWh para a situação atual. Valem também para este caso as observações feitas com relação à rede de fornecimento do gás natural.

Uma das razões do maior valor da opção turbina a gás simples é o seu rendimento de 30 % contra 50 % para a turbina a gás ciclo combinado.

Os recursos financeiros necessários à Demanda Suplementar de Reserva (DSR) ou *backup*, não foram incluídos nos cálculos.

Para o estudo de caso do Hospital Universitário, diante dos resultados obtidos para o valor do R\$/MWh (sem considerar os gastos com a rede de fornecimento do gás natural, a DSR e o abatimento de consumo na conta de energia elétrica dos outros setores da Cidade Universitária, que receberiam o excedente de energia elétrica produzida na planta de co-geração), é recomendada a implantação de uma unidade de co-geração em substituição ao sistema atual.

O processo de nivelção de valores, ao ser aplicado num determinado período, acaba por refletir uma espécie de média, que considera

perspectivas de evolução dos valores ao longo do tempo.

Isto explica, no caso, o fator de nivelção  $L_{30} = 2,076$  que foi aplicado aos valores relacionados com a situação atual real do Hospital Universitário, ou seja, R\$ 36,45/MWh referente ao óleo combustível (para gerar vapor) e R\$ 87,82/MWh referente à energia elétrica. Daí, foram obtidos os valores de R\$ 75,67/MWh e R\$ 182,31/Wh na Tabela 5.

Como o mesmo método foi utilizado para todas as alternativas, os valores relativos estão adequados para comparação. Assim, na Tabela 5 deve-se interpretar a situação Sistema “Atual” como um reflexo do esperado nos 30 anos e não o valor realmente pago pelo Hospital Universitário.

Cabe ressaltar que o método das Receitas Requeridas pode também ser útil para o caso de uma indústria que pretenda realizar um estudo visando aumentar a competitividade do preço final de seu produto, através do aumento da eficiência energética, na fase de produção - podendo se valer da co-geração, por exemplo.

## REFERÊNCIAS

- [1] REIS, L.B. *Geração de energia elétrica*. 1. ed. São Paulo, Tec Art Editora, ago. 1998.
- [2] NASCIMENTO, J.G.A. et al. A co-geração no Brasil: situação atual e possibilidades futuras. *Eletricidade Moderna*, n.274, p.84-95, jan. 1997.
- [3] HOOK, M.J. Application of protective relays on a large industrial-utility tie with industrial cogeneration. *IEEE Transactions*, v. PAS-100, n.6, p. 2804 – 12, jun. 1981.
- [4] ENNES, S. A. W. ; RAMOS, D. S.; CORSETTI, M.; PAULA, C. P.

As perspectivas da co-geração no suprimento do sistema interligado sul-sudeste do Brasil. In: 4º *ERLAC*, Puerto Iguazu, 1991.

- [5] RELATÓRIO EPRI (Electric Power Research Institute). TR-100281. Revision 6. EUA, Dec. 1991. v.3.

- [6] NAKAGAWA, C. Y.; MATSUMOTO F. *Estudo de viabilidade técnico-econômica de implantação de uma unidade de co-geração no hospital universitário da USP*. São Paulo, 1999. 65 p. Monografia (Trabalho de Formatura) Departamento de Energia e Automação Elétrica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.