



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GGH - 19
16 a 21 Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

**GRUPO I
GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO - GGH
AVALIAÇÃO DE USINAS HIDRELÉTRICAS**

**FLÁVIO DUTRA DOEHLER
CEMIG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO**

**RICARDO BRANT PINHEIRO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

RESUMO

O objetivo deste trabalho é estabelecer uma metodologia para se achar o valor das usinas hidrelétricas. A abrangência do tema deve respeitar condicionantes físicas e regulamentares, tanto quando se analisa o valor do ativo e o custo que teria sua reposição quanto quando se verifica o rendimento da geração por fluxo de caixa. Trata-se de tema novo na bibliografia técnica ou científica mundial, e se baseia em procedimentos utilizados pela Engenharia de Avaliações.

1.0 - A METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DE HIDRELÉTRICAS ENVOLVEU OS ESTUDOS:

- revisão bibliográfica da metodologia correntemente aplicada nas avaliações;
- condições do setor elétrico brasileiro que influem no valor das usinas;
- características da geração de energia elétrica de origem hidráulica;
- produção e comercialização de energia elétrica;
- metodologia: planejamento e processamento da avaliação e seus resultados;
- aplicação da metodologia a uma PCH utilizada como estudo de caso.

PALAVRAS - CHAVE

- Geração de Energia;
- Usinas Hidrelétricas;
- Avaliação.

1.0 INTRODUÇÃO

Freqüentemente nos deparamos com dúvidas em relação ao valor de usinas hidrelétricas usadas. Do ponto de vista econômico, os liberais sempre defendem que valor deve ser medido pelo rendimento que a usina pode proporcionar, enquanto os mais conservadores defendem que seu valor só pode ser obtido pelo custo da construção de uma usina igual à em avaliação. Com a recente alteração do marco regulatório do setor elétrico no Brasil, ainda em consolidação, outras questões vêm tornar o tema mais complexo: E sua natureza de exploração de bem público, pelo uso de potenciais hídricos (recurso natural) e venda de energia elétrica (direito constitucional de cada cidadão), como pode ser incluída nessa valoração? Qual a relação entre o valor de uma usina usada e a sustentação econômica e financeira do 'negócio' energia elétrica? Uma valoração inadequada influirá na atração de investimentos para a continuidade da expansão necessária? Não é o objetivo deste trabalho responder a todas essas perguntas. Fugiria de seu propósito a questão tarifária, envolvendo a recente polêmica entre as tarifas de energias nova e usada. Porém, o mecanismo proposto respeita condicionantes regulamentares e físicas, tanto na implantação quanto na operação de usinas, seja por restrições de engenharia ou ambientais, buscando o

Rua Profº Antônio Aleixo, 765 – 604
30180-150 Belo Horizonte – MG
doehler@cemig.com.br

equilíbrio entre o custo da usina e o valor de seu produto (valor de reposição X fluxo de caixa). Dessa forma sua utilização em um número maior de casos poderia estabelecer tendências das duas linhas de valores obtidos.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como na bibliografia técnica ou científica mundial é escassa a exploração específica desse tema, a metodologia proposta se baseia em procedimentos comumente utilizados pela Engenharia de Avaliações, se apoiando na comparação entre as duas linhas, através de métodos indiretos e diretos. Métodos diretos, com parâmetros em unidades dimensionais, como m²: **Método das Vendas** (valor pela comparação de valores de bens semelhantes) e **Método dos Custos** (valor de custo de bem igual ou equivalente). Nos métodos indiretos os parâmetros são vinculados à função do bem: **Método da Renda** (valor pela capitalização das rendas pelo uso do bem); **Método Involutivo** (utilizado para terrenos ou glebas urbanizáveis) e **Método Residual** (dedução de componentes repostos ou descartados).

3.0 O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

O setor elétrico brasileiro possui organização institucional complexa, atendimento a mais de 90% dos domicílios do País, alto crescimento do consumo, predominância hidrelétrica, com usinas de grandes reservatórios de regularização plurianual, grandes distâncias das usinas aos principais centros de consumo. Essas características, aliadas à recente desregulamentação influem diretamente sobre o produto energia elétrica. Influem também sobre a operação das usinas os agentes do setor, que são o Ministério das Minas e Energia, como regulador e concedente a Aneel, que atua como fiscalizador, o ONS, que é o operador do sistema e o MAE, mercado atacadista de energia. Há ainda os órgãos fiscalizadores e licenciadores ambientais, como é o caso do Ibama e órgãos estaduais.

4.0 USINAS HIDRELÉTRICAS

Basicamente, são compostas de barragens, com um ou mais vertedouros, de circuito hidráulico de geração, que inclui a casa de força (com sistemas mecânicos, como os reguladores de velocidade, os de levantamento de cargas, os auxiliares de óleo, ar comprimido, de água, de ventilação e refrigeração, e os elétricos, como os de excitação, de medição e proteção, os barramentos, transformadores elevadores, de operação local, de supervisão e os auxiliares) e demais dispositivos e equipamentos que farão a geração; de subestações e de um Sistema de Transmissão Associado.

As usinas perdem valor ao longo de seu funcionamento pela depreciação. Essa depreciação tanto pode ser contábil, regulamentada pela Aneel, sendo um parâmetro para avaliação pela renda, quanto real, que incidirá descontada no valor da usina pelo custo.

5.0 CONDIÇÕES COMERCIAIS DA ENERGIA HIDRELÉTRICA

5.1 Tarifas

Como entrada de dados devem ser estabelecidas as tarifas de geração e de transporte de energia. Atualmente, a tarifa de energia está sendo estabelecida através de leilões de energia velha com valor de longo prazo (venda em 2007, de R\$ 75,76 por MWh). Porque atualmente há excesso de oferta no mercado atual de energia elétrica, pode ser utilizado o valor de referência para 2007 do referido leilão (R\$96,00/MWh).

Outras tarifas de custo também precisam ser conhecidas. No caso da transmissão, além delas há os custos da conexão da usina à Rede Básica – Cust. As tarifas de uso do sistema de transmissão – Tust, e de distribuição TUSD (eventualmente usada quando a conexão é em redes com capacidade inferior a 230 kV), são estabelecidas em função da localização da usina.

5.2 Taxas

Fator bastante sensível ao rendimento de uma usina e que é freqüentemente majorado pelo governo, conforme incidências atuais abaixo:

TABELA 1: Principais Taxas e Seu Embasamento

Taxa	Último documento legal	Incidência
Taxa de Fiscalização - TFSEE	Despacho Aneel 1.098/04	0,5% de R\$306,23XkW instalado
Reserva Global de Reversão - RGR	Resolução ANEEL Nº 23, de 05/02/1999	2,5% sobre o investimento anual, limitado a 3%, sendo descontado da taxa de fiscalização
Contribuição para o Sistema Integrado - ONS	Estatuto do ONS	Proporcional ao número de votos do concessionário
Compensação Financeira e Direito de Uso de Recurso Público - CFURH	Lei 9.993/00	6,75% da receita bruta
Contribuição para Financiamento da Seguridade Social - Cofins	Lei 10.833/03	7,6% da receita bruta
Imposto Sobre Circulação de Mercadorias – ICMS	Decreto 38.104/96 - MG	18,00% da receita bruta
Programa de Integração Social e Formação do Patrimônio do Servidor Público – Pis/Pasep	Lei 10.833/03	1,65% da receita bruta
Pesquisa e Desenvolvimento – P&D	Lei 9.991/00	1% da receita líquida
Contribuição Provisória Sobre Movimentação Financeira – CPMF	Emenda Constitucional nº 42/03	0,38% da movimentação financeira
Contribuição Social Sobre o Lucro - CSSL	Lei 9.430/96	9% do lucro líquido
Imposto de Renda - IR	Lei 9.430/96	15% até lucro de R\$240mil e 10% sobre o que exceder esse valor

5.3 Custos

5.3.1 Operação e Manutenção

Os custos de operação e manutenção, ou O&M, variam de usina para usina, a depender do seu grau de automação, de seu estado físico e mesmo de sua localização. Em geral esses dados acompanham as informações repassadas pelo atual proprietário.

5.3.2 Seguros

O cálculo do custo geral do seguro de uma usina hidrelétrica é de 0,3% para os equipamentos, que representam 30% da usina. Os seguros contra incêndio das subestações e de edificações são contratados à parte do seguro geral, com taxa de 0,40% para transformadores maiores que 1MVA, e 0,20% do valor das edificações e utensílios nele contidos.

5.3.3 Capital

Para o custo do capital, emprega-se o modelo do CAPM, pela seguinte equação:

TABELA 2: Taxa do Custo do Capital Próprio

$C_p =$	R_f : Taxa Livre de Risco, no Brasil, utiliza-se poupança: 6,17%;
$R_f + \beta (R_m + R_f) =$	β : Co-variância do valor da ação do setor com o mercado: 0,92%;
17,32%	R_m : Retorno do mercado, crescimento anual da bolsa: 18,32%.

O custo ponderado do capital, valor final a ser empregado no método da renda, será:

TABELA 3: Taxa Final do Custo de Capital

$C = C_p \times PE + C_t \times PD = 12,19\%$	C_p : Custo do capital próprio: 17,32%;
	PE: Ponderação do capital próprio: 30%;
	C_t : Custo do capital de terceiros, taxa de empréstimos: 10%;
	PD: Ponderação do capital de terceiros, ou 'alavancagem': 70%.

6.0 METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE USINAS HIDRELÉTRICAS

O método das vendas não será empregado porque não há comercialização sistemática de usinas hidrelétricas no Brasil. Serão usados o método dos custos e o da renda. Será utilizado o seguinte fluxograma simplificado:

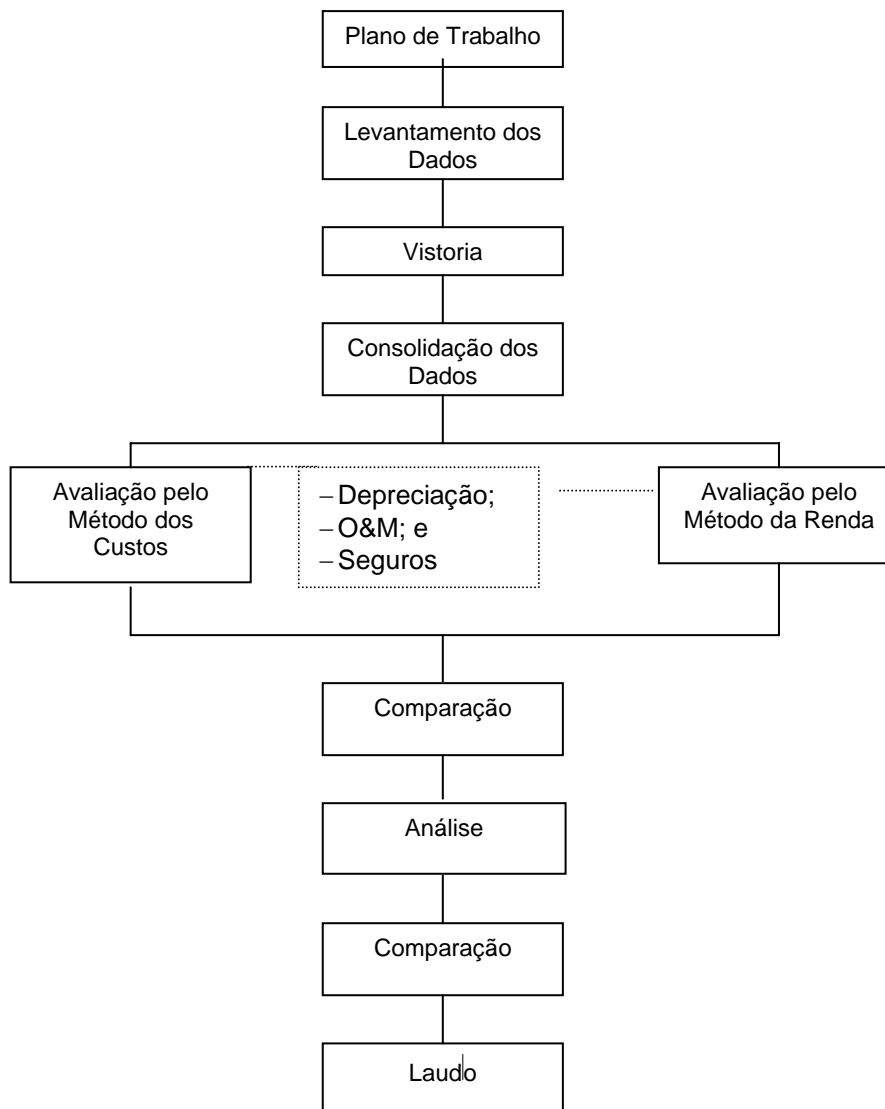


FIGURA 1: Fluxograma Simplificado da Metodologia de Avaliação de Usinas Hidrelétricas

Na avaliação pelo custo é feito o levantamento dos quantitativos para a composição completa dos itens da Planilha Padrão Eletrobrás que alimenta o sistema Sishor de orçamentação do setor elétrico, cujo processamento resultará no valor da usina, sem juros durante a construção – JDC. Estes são obtidos a partir do valor presente de um fluxo em distribuição normal modificada, ou 'curva da baleia', da Eletrobrás, descontado a uma taxa de 10%, e da depreciação, cujo fator é aplicado a cada componente a partir de seu estado real de conservação. Neste trabalho foram desenvolvidas planilhas específicas para o cálculo do JDC e da depreciação.

Na avaliação pela renda, o valor da usina é calculado pelo valor presente líquido de um fluxo de caixa gerado pela usina, calculado com a taxa de desconto de 17,32% ao ano obtida conforme acima. Se houver necessidade de recuperação das deficiências operativas, ambientais e de regularização formal da usina, seus custos devem ser considerados negativamente no fluxo.

7.0 ESTUDO DE CASO:

O caso de uma Pequena Central Hidrelétrica - PCH foi escolhido por reunir condições que atendem aos quesitos da metodologia proposta para avaliação de usinas, apesar de não ser exclusiva para geração de energia elétrica, sendo um empreendimento de uso múltiplo. A confiabilidade foi favorecida por se tratar de usina que recentemente teve suas condições físicas levantadas, por exigência da Aneel. O estudo respeitou confidência quanto à identidade do proprietário da usina, que por isso foi aqui chamada de Usina A.

Os componentes do empreendimento excedentes àqueles necessários à geração de energia, ou apenas parcialmente utilizados, tiveram seus custos expurgados, sem perda da confiabilidade nos resultados. Os documentos da memória de cálculo, que comporão o laudo como anexos, são:

- 7.1 Plano de Trabalho, apresentado ao interessado antes da avaliação, com levantamentos preliminares, o objetivo da avaliação, a identidade da usina A, metodologia, condicionantes e premissas (nova concessão na transferência, com 30 anos; depreciação contábil pela Resolução 44/99 da Aneel, energia secundária e de ponta sem tarifas diferenciadas pela falta de regulamentação específica); definição das atividades e equacionamento da avaliação; cronograma e equipe de avaliação utilizando especialistas: engenheiros civil, mecânico e eletricitista e profissional do meio ambiente. Estas informações não serão apresentadas aqui.
- 7.2 Relatório do Estado Físico e Potencial da Usina e Condições de Operação, expondo as reais condições atuais da usina A. Ela encontra-se em 'perfeito estado de conservação', sem necessidade de gastos com recuperações ou regularizações. Foi constatado também que não existe potencial remanescente. A usina é operada no sistema integrado, despachada remotamente e utiliza como mão-de-obra local dois operadores que se revezam em turnos. A manutenção é preditiva, ou seja, trabalha-se apenas as anomalias detectadas, sendo realizadas inspeções com paradas no intervalo entre cada 30 e 35 mil horas. Não há ativos não operacionais que possam ser vendidos sem prejuízo do funcionamento da usina.
- 7.3 Memória de Cálculos Genéricos: O proprietário forneceu o valor dos imóveis. Os Custos de Capital são 12,196% para o fluxo da renda e 14,73% para JDC. Não existem deficiências operativas e ambientais.
- 7.4 Memória de Cálculo do Valor da Usina pelo Método dos Custos: representa os números processados nas tarefas: quantificação dos itens, levantamento de preços de insumos e incidências, cálculo dos valores pelo Sisohr, expurgo dos itens não destinados à geração de eletricidade (estação de piscicultura, tomada d'água para perenização, alojamento, almoxarifado, metade das estruturas do vertedouro, sem comportas, metade do custo da barragem, perenização e itens diversos) definição do fluxo de caixa da construção pela 'curva da baleia' em 36 meses e cálculos específicos do JDC e depreciação. O valor obtido foi de R\$ 22.679.255,93, conforme extrato da planilha para Cálculo do Valor de Reposição abaixo:
- 7.5 Memória de Cálculo do Valor da Usina pelo Método da Renda: Inicia-se pelo cálculo da depreciação contábil, passa pelo levantamento dos *inputs* da planilha para Cálculo do Valor pela Renda, conforme extrato abaixo, que resulta em um fluxo de caixa, cujo valor presente à taxa definida acima é calculado automaticamente.

Os levantamentos, juntamente com outras entradas de dados, como a taxa de desconto, por exemplo, resultam em um fluxo líquido de R\$543,19 mil anuais, que por sua vez proporciona um Valor Presente de **R\$4.838,75 mil**, que seria o valor da usina pela renda.

- **Análise dos Resultados:** Foram feitas investigações buscando as causas da grande diferença entre os valores obtidos pelo custo e pela renda, com as seguintes constatações (explicadas pelo fato de a usina ser um aproveitamento múltiplo e ter utilizado máquinas recondiçionadas de outra usina desativada):

- - o as estruturas e dispositivos da usina estão superdimensionados: pois para uma mesma capacidade de geração, a um custo de Us\$ 1,500.00 por MW instalado, se construiria uma usina de R\$12 milhões;
 - o a usina está sendo subutilizada: pois pelo fator médio de capacidade do Brasil, 56%, sua energia assegurada anual poderia ser de 14.962,08 MWh/ano, havendo vazão suficiente para essa geração;

- o existem ganhos não explorados no funcionamento da usina: que se constataria pela venda dos equipamentos da usina em separado, já com a depreciação, que obteriam um valor muito superior ao avaliado pela renda; outra constatação é o de que o valor da depreciação é quase o dobro do valor líquido das parcelas da renda proporcionando sempre um resultado operacional negativo antes do imposto sobre o lucro;
- o Elevada carga de custos operacionais e tributários: frente ao porte da usina e ao custo do capital: apenas cerca de 40% seriam os ganhos após os custos e taxas, conforme gráfico abaixo, insuficiente para o financiamento da aquisição da usina;
- o A tarifa utilizada está baixa: situação detectada a partir da Lei 10.438/02, que instituiu o Proinfa, um programa de compra de energia produzida por PCHs, para estimular sua implantação, cuja tarifa resultaria num valor R\$9.536,19 mil para o valor da usina pela renda, já consideradas as condições acima (energia gerada com 56% do fator de capacidade e custo de reposição de R\$12.000,00 mil).

Foram realizadas simulações da avaliação pela renda em combinação de fatores. Há duas possibilidades de combinação, alternativamente: para concessionários e para autoprodutores. No primeiro caso, haveria uma maior energia assegurada e maior tarifa, nos níveis acima apresentados, resultando em um valor de R\$9.536,19 mil. No segundo caso, não haveria incidência de ICMS, Confins e Pis/pasep resultando a nova simulação num valor de R\$10.465,55 mil (os valores foram obtidos utilizando-se taxaço de IR pelo Lucro Presumido).

TABELA 4 - Extrato da Planilha para Cálculo do Valor de Reposição

Item	Vida Útil Total	Valor de Reposição por item	Peso de valor por item	Depreciação Ponderada	Fator de Depreciação Real	Depreciação	Valor depreciado por item
	A	B	C	D = CxA	E	F = EXD	G = BXE
Benfeitorias na área da usina	50	579.835,59	0,01	0,75	0,90	0,67	521.852,03
Vila de Operadores	50	-	-	-	0,90	-	-
Estruturas e Instalações da Casa de Força	50	3.147.365,22	0,08	4,05	0,90	3,65	2.832.628,70
Turbinas e Geradores e Equipamentos da Casa de Força	50	6.837.320,60	0,18	8,80	0,90	7,92	6.153.588,54
Barragens e Diques	50	5.706.581,26	0,15	7,35	0,90	6,61	5.135.923,14
Estruturas do Vertedouro	50	11.013.309,31	0,28	14,18	0,90	12,76	9.911.978,38
Equipamentos do Vertedouro	30	-	-	-	0,90	-	-
Estruturas da Tomada d'Água e Condutos	50	32.898,59	0,00	0,04	0,90	0,04	29.608,73
Equipamentos da Tomada d'Água e Condutos	30	888.133,54	0,02	0,69	0,90	0,62	799.320,18
Estruturas de Construções Especiais	50	-	-	-	0,90	-	-
Equipamentos de Construções Especiais	30	-	-	-	0,90	-	-
Equipamento Elétrico Acessório	30	2.461.473,31	0,06	1,90	0,90	1,71	2.215.325,98
Diversos Equipamentos da Usina	30	192.732,45	0,00	0,15	0,90	0,13	173.459,20
Terrenos e Relocações e Outras Ações Sócio-		1.095.462,79	0,03	-		-	1.095.462,79
JDC		6.872.679,04	0,18	-		-	6.872.679,04
Totais		38.827.791,70		37,91			35.741.826,71

TABELA 5 - Extrato da Planilha para Cálculo do Valor pela Renda

ENTRADA DE DADOS

a.1	Geral			
a.1.1	Potência Instalada	3,05	MW	Contrato de Concessão ou Autorização da Aneel.
a.1.2	Valor total de reposição da usina	R\$ 28.169,15		Vezes mil: Obtido da Avaliação pelo Custo sem JDC.
a.1.3	Terrenos e Benfeitorias	R\$ 1.095,46		Vezes mil: Obtido da Conta 10 da Planilha Eletrobrás.
a.1.4	Depreciação Anual Contábil	2,42	%	Obtido da planilha de cálculo da depreciação contábil.
	Vida Útil	41	anos	= (1/a.1.4) X 100.
a.1.5	Tarifas			
a.1.5.1	Normal	R\$ 96,00		Referência de valor para 2007 do Leilão de dez/04.
a.1.5.2	Secundária	R\$ -		Não regulamentada sua comercialização.
a.1.5.3	Ponta	R\$ -		Não regulamentada sua comercialização.
a.1.6	Taxa de Desconto Composta	12,20	% ao ano	Obtida do cálculo pelo CAPM.
a.2	Receitas			
a.2.1	Energia Assegurada	9.986,40	MWh/ano	Contrato de Concessão ou Autorização da Aneel.
a.2.2	Consumo Próprio	78,35	MWh/ano	Fornecido pelo proprietário.
a.2.3	Energia Secundária	R\$ -		Não valorizada por não estar regulamentada a tarifa.
a.2.4	Energia de Ponta	R\$ -		Não valorizada por não estar regulamentada a tarifa.
a.2.5	Ativos não operacionais	R\$ -		Não existentes.
a.2.6	CCC	R\$ -		Para crédito em usinas isoladas.
a.3	Perdas			
a.3.1	Perdas na Transmissão	1,50	%	Incidirá sobre a.2.1, com rateio.
a.4	Despesas			
a.4.1	Custo de recuperação da usina	R\$ -		Não existente.
a.4.2	Despesas com O&M	R\$ 76,90		Vezes mil. R\$7,70 X kWh (Engevix).
a.4.3	Seguros	0,01	%	Incidirá sobre a.1.2, por ano, calculados.
a.4.4.	Custos de Conexão e Transporte	R\$ 8,48		Por kWh, fornecido pelo proprietário.
a.5.	Taxas Fixadas pelo Setor			
a.5.1	Fiscalização da Aneel	R\$ 306,23		Valor para 2005.
a.5.2	ONS	R\$ -		Desprezível pela pequena participação da usina na cobrança corporativa.
a.6	Taxas Sobre as Vendas			
a.6.1	RGR	R\$ -		Desconsiderado pelo limite de 3% ter sido atingido com a fiscalização da Aneel.
a.6.2	CFURH	R\$ -		PCH isenta.
a.6.3	Uso de Bem Público	R\$ -		Não considerado pela existência de precedentes.

a.6.4	Cofins	7,60	%	Não considerada compensação de créditos.
a.6.5	ICMS	21,95	%	Será descontado o valor que incidiu sobre O&M.
a.6.6	Pis/Pasep	1,65	%	Não considerada compensação de créditos.
a.6.7	P&D	-		PCH isenta.
a.6.8	CPMF	0,04	%	Considerado o percentual de 0,38 permanentemente.
a.7	Taxas Sobre a Renda			
a.7.1	Contribuição Social	9,00	%	
a.7.2	Imposto de Renda - IR	15,00	%	S/ lucro até R\$ 240 mil.
a.7.3	Adicional de IR	10,00	%	S/ lucro acima de R\$ 240 mil.

8.0 Conclusão

Pelo grande intervalo nos valores obtidos pelo método da renda e pela análise dos resultados acima conclui-se que há uma disparidade tarifária em relação ao custo de usinas. Mesmo considerando taxas de juros passadas menores e mesmo que se fizesse a utilização total da capacidade da usina, com a tarifa e os benefícios atuais não seria bom negócio o investimento em aquisição de PCHs. Entretanto, apenas um estudo de caso pode significar uma exceção, apesar da simulação das variações. Recomenda-se a aplicação da metodologia a diversas usinas para o estabelecimento de relações e de tendências entre o valor das usinas e da remuneração de seu produto.

9.0 Referências Bibliográficas

- [1] MOREIRA, Alberto Lélío. *Princípios de Engenharia de Avaliações*. São Paulo: Pini, 1997. 504 p.
- [2] MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS – Eletrobrás. *Plano Decenal de Expansão 1999/2008*. Rio de Janeiro, 1999. 354 p.
- [3] MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS – Eletrobrás e DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DNAEE. *Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas*. Rio de Janeiro, 1999. Volume 1 – Metodologia. 308 p.
- [4] SCHREIBER, Gerard Paul. *Usinas Hidrelétricas*. São Paulo: Edgar Blücher, 1978. 238 p.
- [5] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – Aneel. *Resumo das Regras Relativas à Operação Coordenada Otimizada pelo Grupo Coordenador para Operação Interligada*. Brasília: GCOI/Eletrobrás, 1998. 77 p.
- [6] KUIPER, E. *Water Resources Project Economics*. Merida: Butterworth & Co, 1971. 447 p.
- [7] BUARQUE, Cristovam. *Avaliação Econômica de Projetos: Uma apresentação Didática*. Rio de Janeiro: Campus, 1984. 266 p.

21/02/2005