

COBEN 09

TEMA: FATORES DE CONVERSÃO PARA tep DA HIDRÁULICA E ELETRICIDADE

AUTOR: JOÃO ANTONIO MOREIRA PATUSCO

Enfoque: análise da participação relativa da hidráulica e eletricidade na oferta e no consumo de energia do País e comparação com outros países, levando em conta diferentes critérios de fatores de conversão para a unidade comum adotada.

COEFICIENTE DE CONVERSÃO DA HIDRÁULICA E ELETRICIDADE NO BEN

A **tonelada equivalente de petróleo (tep)** é a unidade comum na qual se convertem as unidades de medida das diferentes formas de energia utilizadas no BEN. Os fatores de conversão são calculados com base no poder calorífico superior de cada energético em relação ao do petróleo, de 10800 kcal/kg.

Para a oferta e demanda de hidráulica e eletricidade é utilizado o fator de **0,29 tep/MWh**, resultado da razão entre o consumo médio de óleo combustível em kcal/kWh nas termelétricas brasileiras e o poder calorífico superior do petróleo (3132/10800). É o fator que representa, portanto, a **equivalência térmica** da geração elétrica.

Nota: 3132 kcal/kWh corresponde a um eficiência média de geração térmica de 27,5%.

Caso fosse utilizado o **critério teórico** para hidráulica e eletricidade, onde 1 kWh = 860 kcal (segundo o primeiro princípio da termodinâmica), o fator de conversão seria de **0,08 tep/MWh** (860/10800), portanto **3,62 vezes menor** que o utilizado no BEN.

Nota: o uso do poder calorífico superior pouco altera os resultados em tep, já que para o cálculo dos fatores de conversão, o numerador e o denominador se alteram, praticamente, de maneira proporcional.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

No início da década de setenta, quando começaram, no País, os primeiros trabalhos com consolidação de dados de energia, a literatura internacional sobre balanços energéticos indicava para a **hidráulica** o uso preponderante do fator de **equivalência térmica**. Este critério se fundamentava no fato de tornar equiparáveis as ofertas de energia de países com alta e baixa participação da geração hidráulica. Assim, se usavam para a hidráulica fatores variando de 0,20 a 0,30 tep/MWh, dependendo das eficiências médias das termelétricas.

Para a oferta e demanda **de eletricidade** era utilizado o **critério teórico**, ou seja, fator de 0,08 tep/MWh. Desta forma, os balanços consolidados apresentavam perdas elevadas (fictícias) na transformação de energia hidráulica em eletricidade, decorrentes da contabilização da hidráulica em equivalente térmico.

Pela razão anterior, o Brasil adotou para a oferta e demanda de eletricidade o mesmo critério de equivalente térmico de geração (fator de 0,29).

Ocorre que, da década de setenta para cá, os balanços energéticos internacionais têm substituído, na contabilização da hidráulica, o critério de equivalência térmica pelo critério teórico, fato que não ocorreu no BEN/BR. São exemplos, as publicações recentes de balanços energéticos da Agência Internacional de Energia, do Conselho Mundial de Energia, da Organização Latino-Americana de Energia, etc. O critério de equivalência térmica é aplicado somente na energia nuclear, solar, eólica e geotérmica.

EFEITOS DOS FATORES DE CONVERSÃO DE HIDRÁULICA E ELETRICIDADE NO BEN

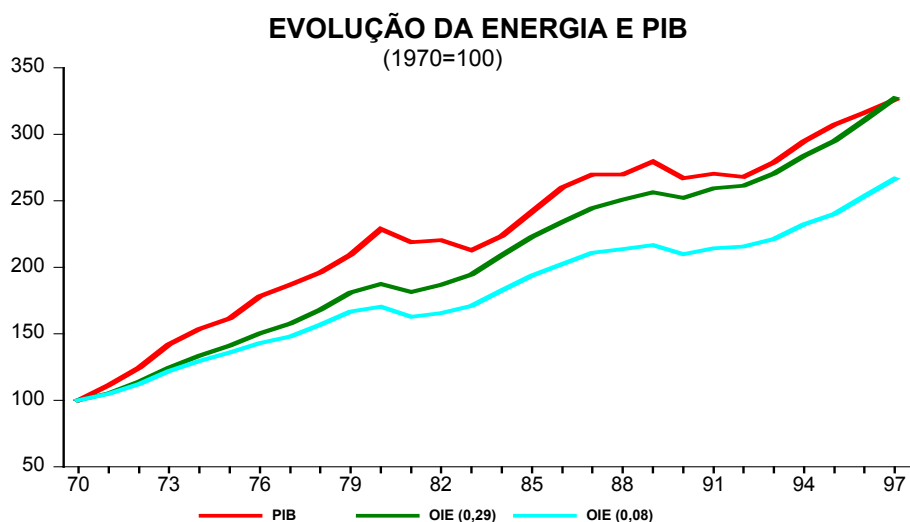
O quadro 1 apresenta os dados de 1997 da **Oferta Interna de Energia - OIE** do País, considerando os dois critérios de contabilização de hidráulica e eletricidade - **h&e** (fatores de conversão de 0,29 e 0,08).

QUADRO 1
OFERTA INTERNA DE ENERGIA - ANO 1997

FONTES	Hidr. e Elet. = 0,29		Hidr. e Elet. = 0,08	
	10 ³ tep	%	10 ³ tep	%
ENERGIA NÃO RENOVÁVEL	100418	41,4	100418	57,2
PETRÓLEO E DERIVADOS	81441	33,5	81441	46,4
GÁS NATURAL	6376	2,6	6376	3,6
CARVÃO MINERAL E DERIVADOS	12315	5,1	12315	7,0
URÂNIO (U3O8) E DERIVADOS	286	0,1	286	0,2
ENERGIA RENOVÁVEL	142351	58,6	75249	42,8
HIDRÁULICA E ELETRICIDADE	92665	38,2	25563	14,6
LENHA E CARVÃO VEGETAL	21913	9,0	21913	12,5
DERIVADOS DA CANA-DE-AÇÚCAR	24670	10,2	24670	14,0
OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	3103	1,3	3103	1,8
TOTAL	242769	100,0	175667	100,0

Conforme se observa, a OIE passa de 242,7 milhões de tep, pelo critério de equivalência térmica, para 175,7 milhões de tep, pelo critério teórico - uma redução de 28%. Ainda, pelo critério teórico, a h&e passa a participar com apenas 14,6 % na OIE, contra 38,2 % segundo o outro critério - 23,6 pontos percentuais a menos. Em consequência, a energia renovável também tem a sua participação relativa bem diminuída, perdendo 15,8 pontos percentuais.

Como a h&e foi o grupo de fontes de energia que mais cresceu no período 1970 a 1997, observa-se que, pelo fato de se diminuir o seu fator de conversão, a OIE passa a apresentar taxas de crescimento menores, mostrando uma elasticidade em relação ao PIB menor que um, no período.



Uma análise dos efeitos no **consumo final de energia**, pode ser feita através dos dados do quadro 2, onde é introduzido, também, o conceito de energia útil, ou seja, a apuração da participação relativa considerando a eficiência de uso das fontes de energia nos equipamentos de uso final, como caldeiras, fornos, secadores, motores, etc.

QUADRO 2
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO - 1997

FONTES	Elet. = 0,29		Elet. = 0,08		Energia Útil	
	10 ³ tep	%	10 ³ tep	%	10 ³ tep	%
ELETRICIDADE	85702	40,9	23642	16,0	18204	23,5
DERIVADOS DE PETRÓLEO	67416	32,1	67416	45,6	30127	38,9
GÁS NATURAL	4181	2,0	4181	2,8	2801	3,6
CARVÃO MINERAL	9855	4,7	9855	6,7	7239	9,3
BIOMASSA	42639	20,3	42639	28,9	19138	24,7
TOTAL	209793	100,0	147733	100,0	77509	100,0

Assim, nota-se que a eletricidade perde participação pelo critério teórico, mas recupera parte da participação quando contabilizada em energia útil. Isto decorre da maior eficiência dos equipamentos que utilizam eletricidade em relação à média nacional.

Comparativamente a outros países, e considerando o **critério teórico**, os dados do quadro 3 mostram que a Brasil apresenta uma participação da eletricidade no consumo final de energia similar à de países desenvolvidos, entre 15% e 20%. Entretanto, na visão da oferta, ao se analisar a origem da eletricidade para os diferentes países, verifica-se que o Brasil, por ter alta hidráulicidade, tem apenas 16,8 % da OIE destinados à eletricidade, enquanto que os outros países têm entre 32 e 40%. Em consequência, estes países apresentam elevadas perdas na transformação - quantidades de energia entre 18 % e 28 % da OIE (perdas na geração termelétrica).

QUADRO 3
ELETRICIDADE EM ALGUNS PAÍSES

ESPECIFICAÇÃO	UNI- DADE	ALEMA- NHA	JAPÃO	USA	BRASIL
CONS. DE ELETRICIDADE/ CONS.FINAL	%	16,0	20,4	14,7	16,0
CONSUMO NA GERAÇÃO ELÉTRICA/OIE	%	35,1	39,6	32,4	16,8
GERAÇÃO TÉRMICA / OIE	%	34,7	38,0	31,3	2,8
GERAÇÃO HIDRO / OIE	%	0,4	1,6	1,1	14,0
GERAÇÃO HIDRO / GERAÇÃO TOTAL	%	3,2	10,1	8,7	94,0
PERDAS NA TRANSFORMAÇÃO / OIE	%	27,5	26,5	18,6	6,2

CONCLUSÕES

Nos estudos prospectivos de energia, onde se analisam as possibilidades de concorrência entre fontes de energia, as destinações por uso, as eficiências dos equipamentos e usos cativos são as variáveis utilizadas e, portanto, para a eletricidade vale o critério teórico. Assim, do ponto de vista técnico, não há nenhum impedimento quanto a se usar um ou outro critério para a representação dos números de hidráulica e eletricidade em Balanços Energéticos.

Vantagens em se manter o fator de 0,29 tep/MWh:

- os usuários do BEN já se habituaram a ver a OIE do País conformada por três grandes áreas energéticas: petróleo, hidráulica e biomassa.
- o Setor Elétrico, de certa forma, tem usado a participação relativa da eletricidade no consumo final de energia, para realçar a sua importância nos estudos de expansão da matriz energética brasileira.
- comparação mais equitativa da OIE per capita do País com os países que apresentam significativa geração térmica.

Desvantagens em se manter o fator de 0,29 tep/MWh:

- a) a dificuldade de se comparar dados de energia do Brasil com os dados de outros países. É comum a comparação de dados sem a observação dos critérios de fatores de conversão.
- b) a menor participação dos demais energéticos na OIE e no consumo final de energia, decorrente do fator 0,29.
- c) a necessidade de aplicação dos dois critérios no BEN, já que o critério teórico tem que ser usado nas tabelas de Centrais Elétricas (Tabelas 5.3 e 5.4) para retratar corretamente as perdas na geração térmica, tabelas de preços (Tabelas 7.10 e 7.11) e tabelas com dados de outros países (Tabelas B1 e B2).

distorção das perdas na geração térmica nos Balanços Energéticos Consolidados (anexos F), em Centrais Elétricas de Serviço Público e de Autoprodutores

SUGESTÃO DO AUTOR

Introdução gradativa do critério teórico no BEN, inicialmente com a apresentação simultânea dos critérios em algumas tabelas do capítulo 1 (inclusive o de energia útil) e com ampla divulgação desta Nota Técnica, no próprio BEN e pela Internet.

ALGUNS CONCEITOS

Unidades de Medida (Comerciais) - unidades que normalmente expressam as quantidades comercializadas das fontes de energia, por exemplo: para os sólidos a tonelada (t) ou libra (lb), para os líquidos o metro cúbico (m³) ou barril (bbl), para os gasosos o metro cúbico (m³) ou pé cúbico (pé³) e para a eletricidade o watt (W) para potência e watt-hora (Wh) para energia.

Unidade Comum - unidade na qual se convertem as unidades de medida utilizadas para as diferentes formas de energia. Esta unidade permite adicionar nos Balanços Energéticos quantidades de energias diferentes. Segundo o Sistema Internacional de Unidades - SI, o joule ou o quilowatt-hora são as unidades regulamentares utilizadas como Unidade Comum, entretanto, outras unidades são correntemente utilizadas por diferentes países e organizações internacionais, como a tonelada equivalente de petróleo (tep), tonelada equivalente de carvão (tec), a caloria e seus múltiplos, British thermal unit (Btu), etc.

Fatores de Conversão (coeficientes de equivalência) - coeficientes que permitem passar as quantidades expressas numa unidade de medida para quantidades expressas numa unidade comum. Por exemplo, no caso do Brasil, para se converter tonelada de lenha em tep, utiliza-se o coeficiente 0,306, que é a relação entre o poder calorífico da lenha e o do petróleo (3300 kcal/kg / 10800 kcal/kg), ou seja, 1 t de lenha = 0,306 tep.

caloria (cal) - quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água de 14,5 °C a 15,5 °C, à pressão atmosférica normal (a 760 mm Hg).

1 cal = 4,1855 J e 1 J = 0,239 cal

Poder Calorífico - quantidade de calor, em kcal, que desprende 1 kg ou 1m³ N de combustível, quando da sua combustão completa.

Nota: Os combustíveis que originam H₂O nos produtos da combustão (proveniente de combustão ou de água de impregnação) têm um poder calorífico superior e um poder

calorífico inferior. Como o H₂O, na maioria das vezes, escapa pela chaminé sob forma de vapor, o poder calorífico inferior é que tem significado prático.

watt (W) - Unidade de potência - O watt é a potência de um sistema energético no qual é transferida uniformemente uma energia de 1 joule durante 1 segundo.

1 W = 1 J/s

watt-hora (Wh) - energia transferida uniformemente durante uma hora.

1 Wh = 1 x 3600 s x J/s = 3600 J = 3600 x (0,239 cal) = 860 cal

Assim, no conceito teórico **1 kWh = 860 kcal**

Nota: o watt e o watt-hora e seus múltiplos são as unidades de medida utilizadas para a hidráulica e eletricidade, para potência e geração e distribuição.

joule (J) - Unidade de trabalho, de energia e de quantidade de calor. O joule é o trabalho produzido por uma força de 1 newton cujo ponto de aplicação se desloca 1 metro na direção da força.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

newton (N) - Unidade de força . O newton é a força que , quando aplicada a um corpo tendo a massa de 1 quilograma, transmite uma aceleração de 1 metro por segundo ao quadrado. Em se considerando a aceleração da gravidade de 9,806 m/s², tem-se

$$1 \text{ N} = 0,102 \text{ kg}$$

Oferta Interna de Energia é a quantidade de energia que se disponibiliza para ser transformada e/ou para consumo final. Expressa, portanto, a energia antes dos processos de transformação e de distribuição.

Consumo Final de Energia é a quantidade de energia consumida pelos diversos setores da economia, para atender as necessidades dos diferentes usos, como calor, força motriz, iluminação, etc. Não inclui nenhuma quantidade de energia que seja utilizada como matéria-prima para produção de outra forma de energia.

Nota: a menos de ajustes estatísticos, a diferença entre a Oferta Interna de Energia e o Consumo Final corresponde à soma das perdas na distribuição e armazenagem com as perdas nos processos de transformação (refinarias, destilarias, centrais elétricas, coquearias, etc.)