

## CÁLCULO DAS VAZÕES EVAPORADAS NOS RESERVATÓRIOS DOS APROVEITAMENTOS EM OPERAÇÃO

Luiz Guilherme Ferreira Guilhon<sup>1</sup>

### 1 – INTRODUÇÃO

No planejamento e operação das usinas hidrelétricas, existe uma metodologia para o cálculo dos valores de vazão evaporada nos reservatórios destes aproveitamentos. Para cada usina do Setor Elétrico, este cálculo baseia-se na multiplicação da área média mensal operativa dos reservatórios das usinas hidrelétricas, pelo coeficiente mensal de evaporação em mm/mês, extraído do vetor de evaporações líquidas. Este vetor de evaporações líquidas é único para cada usina e representa a diferença entre a evaporação de lago e a evapotranspiração que ocorreria se o reservatório não existisse. Por tanto para cada aproveitamento hidrelétrico tem-se :

$$EVPLIQ_{i,m} = EVPLAGO_{i,m} - EVPTR_{i,m} ;$$

onde:

EVPLIQ<sub>i,m</sub> – Evaporação Líquida no reservatório “i”, no mês “m”, em mm.

EVPLAGO<sub>i,m</sub> – Evaporação de Lago no reservatório “i”, no mês “m”, em mm.

EVPTR<sub>i,m</sub> – Evapotranspiração Real que ocorreria no local do reservatório “i”, no mês “m”, em mm, se o mesmo não existisse.

Estes coeficientes de evaporações líquidas são multiplicados pelas áreas médias mensais operativas dos reservatórios, para que se calcule o volume evaporado ao longo de um mês, sendo este posteriormente transformado em vazão evaporada, quando dividido pelo número de segundos do mês. Ficando por tanto o cálculo como :

$$QEVP_{i,m} = (AMED_{i,m} \times EVPLIQ_{i,m}) \times 1000 / NSEG_m$$

onde:

QEVP<sub>i,m</sub> – Vazão evaporada no reservatório “i” no mês “m” em m<sup>3</sup>/s.

AMED<sub>i,m</sub> – Área média operativa no reservatório “i” no mês “m” em Km<sup>2</sup>.

EVPLIQ<sub>i,m</sub> - Evaporação Líquida no reservatório “i”, no mês “m”, em mm.

NSEG<sub>m</sub> – Número de segundos do mês “m”.

O objetivo do presente trabalho é apresentar as vazões evaporadas nos reservatórios das usinas hidrelétricas em operação, obtidos através do modelo de simulação a usinas individualizadas “MSUI”. Apresentam-se os valores de vazão média evaporada tanto para o período histórico quanto para o período crítico e estabelecem-se os percentuais relativos às vazões nos mesmos períodos. Por último, para os aproveitamentos onde a vazão evaporada representa um valor percentual acima de 1% da vazão média, apresenta-se uma comparação entre valores de vazão média evaporada obtida a partir dos níveis médios operacionais das usinas e aquele obtido através do modelo de simulação.

### 2 – RESULTADOS

Primeiramente apresentam-se na Tabela 1, os resultados referentes às usinas em operação, obtidos com a simulação do modelo a usinas individualizadas MSUI, para os reservatórios de maior influência percentual.

---

<sup>1</sup> Luiz Guilherme Ferreira Guilhon (engenheiro) – ELETROBRÁS  
Rua da Quitanda, 196 – 22º andar – Centro – CEP : 20091-000 – Rio de Janeiro – RJ  
E-mail: guilhon@eletrobras.gov.br

SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.  
Gramado, RS, de 5 a 8 de Outubro de 1998

USINA	Q1(m³/s)	Q2(m³/s)	% Q2	Q3(m³/s)	Q4(m³/s)	% Q4
Sobradinho	2673	200	7,5	2708	201	7,4
Boa Esperança	450	18	3,9	424	17	4,1
Serra da Mesa	807	25	3,1	806	25	3,1
A.A.Laydner	210	4	1,9	183	4	2,1
Passo Fundo	55	1	1,8	48	1	1,9
Jaguari	29	1	1,7	28	1	1,8
Nova Ponte	292	5	1,6	246	4	1,7
Paraibúna	69	1	1,7	63	1	1,7
Três Marias	702	11	1,5	672	11	1,6
Furnas	943	14	1,5	869	14	1,6
Itaparica	2485	40	1,6	2531	40	1,6
Xavantes	320	4	1,2	267	4	1,4
Mário L. Leão	587	6	1,1	500	6	1,2
Emborcação	478	6	1,2	450	5	1,2

Q1 – Vazão Média de Longo Termo em m³/s.

Q2 – Vazão Média Evaporada de Longo Termo em m³/s.

Q3 – Vazão Média no Período Crítico em m³/s.

Q4 – Vazão Média Evaporada no Período Crítico em m³/s.

Tabela 1 – Vazões evaporadas nas usinas hidrelétricas em operação.

Verifica-se que em Sobradinho ocorre a maior influência, com mais de 7%, e observa-se que o Nordeste possui pelo menos três usinas dentre aquelas apresentadas na Tabela 1. Observa-se também que a relação entre a vazão evaporada e a vazão afluyente ao reservatório, possui a mesma ordem de grandeza tanto ao longo do histórico como no período crítico, com uma leve tendência ao acréscimo neste último.

Em seguida, na Tabela 2, apresentam-se para o mesmo elenco de usinas, os valores de vazão evaporada retirados da simulação individualizada, e os valores provenientes do histórico operativo dos aproveitamentos.

USINA	Qa(m³/s)	Qb(m³/s)	Dif.(%)
Sobradinho	178,8	213,4	19,4
Boa Esperança	18,0	18,1	0,6
Serra da Mesa	(*)	(*)	(*)
A.A.Laydner	4,3	4,3	0,0
Passo Fundo	1,4	1,3	-5,0
Jaguari	0,5	0,5	0,0
Nova Ponte	2,6	3,2	23,1
Paraibúna	1,3	1,3	0,0
Três Marias	9,5	12,5	31,6
Furnas	14,7	14,3	-2,3
Itaparica	40,6	39,3	-3,2
Xavantes	4,0	4,1	2,5
Mário L. Leão	6,3	6,5	3,1
Emborcação	5,8	6,5	12,1

Qa – Vazão Evaporada em m³/s, calculada na operação do reservatório.

Qb – Vazão Evaporada em m³/s, obtida na simulação individualizada.

(\*) – Não se dispõe de dados operativos.

Tabela 2 – Vazões evaporadas no histórico operativo das usinas.

Observa-se que a menos da UHE Três Marias, não há diferenças significativas entre os valores previstos pelo modelo de simulação e os valores reais, obtidos pela operação da usina. No

caso das UHE's Três Marias, Sobradinho, Emborcação e N.Ponte, o modelo não deve estar refletindo adequadamente a operação das usinas, o que merece uma especial atenção no que se refere aos polinômios representativos do reservatório.

Por último cabe destacar que foram realizadas simulações energéticas com uso do mesmo modelo "MSUI", especialmente para os aproveitamentos de Sobradinho, Emborcação e Paraibuna, a partir das quais permitiu se estabelecer que esta perda por evaporação tem um comportamento linear em relação à Energia Firme gerada nas usinas, já que foram encontrados para as perdas energéticas, os mesmos valores percentuais que para as vazões, conforme apresenta-se na Tabela 3.

Evaporação nos Reservatórios.

USINA	EM1 (MW)	EM2 (MW)	Dif. (%)
Sobradinho	550	590	7,3
Paraibuna	47	48	2,1
Emborcação	526	532	1,1

EM1 – Energia Média em MW, considerando a evaporação.

EM2 - Energia Média em MW, que haveria se não houvesse a evaporação.

Tabela 3 – Perda de Energia Média por

### 3 – CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados chega-se às seguintes conclusões:

- De todas as usinas em operação no Setor Elétrico, somente há quatorze aproveitamentos para os quais a vazão evaporada significa mais que 1% da vazão média afluyente, tanto no histórico quanto no período crítico.
- A relação entre a vazão evaporada média e a vazão média no período crítico é da mesma ordem de grandeza da relação entre as mesmas vazões no período histórico completo.
- O modelo de simulação a usinas individualizadas "MSUI", utilizando a base de dados do planejamento energético, representa de forma bastante fiel o comportamento dos reservatórios no que se refere às vazões evaporadas extraídas a partir dos níveis operativos das usinas.
- A perda por evaporação nos reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos, se traduz de forma linear em perda energética nas usinas hidrelétricas, numa proporção semelhante àquela obtida entre a vazão média evaporada e a vazão média no período crítico.