



Nota Técnica DAEE/DPO – Sistema Cantareira – 16/12/2009

Recomendações para manutenção de volumes de espera nos reservatórios dos aproveitamentos do Sistema Cantareira.

1. INTRODUÇÃO

Em atendimento às condicionantes dos artigos 13 e 14 da Portaria DAEE nº 1213/2004, de renovação da outorga do Sistema Cantareira (**SC**), a Sabesp encaminhou, ao DAEE e à ANA, em agosto e outubro de 2009, os seguintes relatórios complementares, consolidando as informações hidrológicas e hidráulicas dos aproveitamentos:

- *Reconstituição de vazões naturais do Sistema Cantareira – ago-09* [1];
- *Consolidação das principais características operacionais do Sistema Cantareira – out/09* [2];
- *Estudos de cheias para avaliação dos volumes de espera dos aproveitamentos do Sistema Cantareira – out/09* [3];

Apesar das conclusões dos estudos patrocinados pela Sabesp indicarem não ser necessária a manutenção de volumes de espera nos reservatórios dos aproveitamentos Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Juqueri (Paiva Castro), para a segurança hidrológica das barragens, a questão não se resume apenas a esse enfoque ou análise. Informam, também, os relatórios, que precipitações intensas com período de retorno de 100 anos provocam inundações nas várzeas dos rios situadas a jusante das barragens independentemente de descargas das estruturas.

O objetivo da presente nota é propor o estabelecimento de níveis máximos operacionais, e volumes de espera correspondentes, para os quatro reservatórios em questão para o presente período chuvoso 2009/2010, em vista da recuperação dos volumes desses aproveitamentos e da previsão da CT-MH (do CBH-PCJ) de que o **SC** está próximo de atingir 100% de sua capacidade de armazenamento. Por conseqüência, prevê-se para breve a necessidade do vertimento de vazões de cheia para jusante, o que não ocorre há mais de duas décadas. Essas descargas excedentes previstas poderão causar o agravamento das inundações a jusante e/ou prolongar a permanência das mesmas.

Nesta data de 16/12/09, os reservatórios do Sistema Cantareira apresentam os seguintes níveis: Jaguari-Jacareí, 843,32; Cachoeira, 820,65; Atibainha, 786,27; e Paiva Castro, 744,76 m.

No Anexo I são apresentadas as principais características dos quatro aproveitamentos referidos e dos Túneis 5, 6 e 7 e, no Anexo II, um resumo das informações hidrológicas. No Anexo III são apresentadas as tabelas das curvas cota-área-volume atualizadas. As informações e dados apresentados nesta nota têm como fonte os relatórios da Sabesp acima citados ([1], [2] e [3]) e o *Data Oper.*



SECRETARIA DE ESTADO DE SANEAMENTO E ENERGIA
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO

R. Boa Vista, 175 – 1º andar – Tel. 3293-8556 – CEP 01014-001 – São Paulo – SP
<www.daee.sp.gov.br>

2. DEFINIÇÕES

Nível máximo normal: cota do nível do reservatório que define o início das *operações de cheia, de alerta e de segurança*.

Cotas definidas nos estudos da Sabesp:

- 844,00 no Jaguari/Jacareí,
- 821,88 no Cachoeira (soleira do tulipa),
- 786,72 no Atibainha (soleira do tulipa) e
- 745,61 no Juqueri.

Nível máximo operacional: define a máxima cota em que deve ser mantido o reservatório (tanto quanto possível) para absorver volumes de cheias afluentes, total ou parcialmente.

Volume de espera: compreendido entre os níveis máximo operacional e máximo normal.

Vazão de restrição: limite de descarga do barramento para jusante em função da capacidade de escoamento da calha, observando-se o estado das várzeas a jusante;

Sistema Equivalente: conjunto formado pelos reservatórios dos aproveitamentos Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha;

Sistema Cantareira: nesta Nota Técnica, é o conjunto dos reservatórios formadores do Sistema Equivalente somados ao Paiva Castro, do rio Juqueri, e estruturas hidráulicas associadas.

3. CONSIDERAÇÕES

As propostas e recomendações desta nota resultam, entre outras, das seguintes considerações:

- a) Com relação às barragens do Sistema Equivalente, a ausência de vertimentos de vazões de cheias para jusante nas últimas duas décadas foi um indutor do aumento das ocupações mais intensas das várzeas (mesmo que irregulares, em alguns casos), além de ter provocado a redução da capacidade de escoamento, devido a assoreamentos e ao crescimento de vegetação lindeira às calhas não mais carregadas pelas cheias anuais;
- b) As barragens do Jaguari e do Juqueri (P. Castro) são providas de vertedores controlados por comportas tipo setor, com possibilidade de operar vazões para jusante. As barragens dos rios Cachoeira e Atibainha dispõem de vertedores de soleiras livres, do tipo tulipa, para os quais a vazão descarregada depende da cheia afluyente, do amortecimento e da curva de descarga, apenas. Para um mesmo evento, quanto maior o volume de espera, menor será o nível máximo atingido e menor será a vazão para jusante;
- c) Deve-se ter precaução em função do desconhecimento dos riscos do agravamento de inundações a jusante das barragens pelo vertimento de vazões de cheias pelos extravasores;



SECRETARIA DE ESTADO DE SANEAMENTO E ENERGIA
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO

R. Boa Vista, 175 – 1º andar – Tel. 3293-8556 – CEP 01014-001 – São Paulo – SP
<www.daee.sp.gov.br>

- d) A gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas de maneira a maximizar os benefícios econômicos e sociais resultantes dos aproveitamentos do **SC**, aí incluída a contenção de enchentes;
- e) Os estudos da Sabesp, recentemente finalizados, trazem, entre suas conclusões [3], que:
- Os quatro aproveitamentos apresentam segurança hidrológica para cheias com período de retorno de 10.000 anos, mesmo para os reservatórios em seus níveis máximos normais: 844,0 m, no Jaguari-Jacareí; 821,88, no Cachoeira; 786,72, no Atibainha; e 745,61 no Paiva Castro;
 - *“Não é possível harmonizar os objetivos de garantir a segurança do aproveitamento Paiva Castro e a vazão de restrição de 50 m³/s, mesmo com um amplo volume de espera e vazões de restrição muito superiores àquelas praticadas pela Sabesp”* ([3], item 14);
 - Para o reservatório Jaguari-Jacareí na cota 844,0 m, é possível amortecer o hidrograma de uma cheia centenária e, com operação das comportas, restringir vazões para jusante até um máximo de 200 m³/s, sem riscos para a barragem e com impactos limitados a jusante;
 - Para eventos de precipitações intensas, frontais e generalizadas, típicas da região sudeste, as áreas a jusante das barragens sofrem inundações drásticas mesmo sem as descargas dos vertedores;
 - *“A eventual utilização de volume de espera nos reservatórios do Sistema Cantareira de até 33 hm³ não causará alteração no atendimento das demandas da RMSP e da bacia do rio Piracicaba estabelecidas na outorga”* ([3], item 14).

4. AVALIAÇÃO DOS DADOS E PROPOSTA INICIAL DE VOLUMES DE ESPERA

Os estudos apresentados nos relatórios da Sabesp de outubro de 2009 [3] demonstram que para cheias centenárias (ou de maior intensidade) as várzeas de jusante já sofrem inundações de grande magnitude devido à contribuição das áreas não controladas. As operações de controle de cheias nas barragens, por meio do acionamento das comportas ou da preservação de volumes de espera, passam a ser inócuas ou irrelevantes.

Entretanto, devido à ocupação das várzeas e à baixa capacidade das calhas dos rios Cachoeira, Atibainha e Juqueri, para cheias de pequena magnitude, o não vertimento das barragens evitaria inundações das áreas ribeirinhas citadas ou seu agravamento ou a permanência dos níveis de enchente. Ou seja, para eventos mais frequentes, de menor magnitude (e menor abrangência espacial), os efeitos e benefícios do não vertimento, ou da descarga de vazões mais reduzidas, são sensíveis na minimização das cheias e de seus prejuízos.

Para avaliar, preliminarmente, os volumes de espera necessários para absorver cheias, utilizamos os hidrogramas de TR = 50 anos apresentados pela Sabesp - relatório [3].

Foram mantidos os N.A. máximos normais estabelecidos nos estudos da Sabesp (relatórios de out/09, Hidro Eng Consultores Ltda) – ver item 2, anterior.



SECRETARIA DE ESTADO DE SANEAMENTO E ENERGIA
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO

R. Boa Vista, 175 – 1º andar – Tel. 3293-8556 – CEP 01014-001 – São Paulo – SP

< www.daee.sp.gov.br >

A partir desses níveis, a operação nos eventos de cheias deverá obedecer às regras referidas nos estudos (diagrama de operação) ^[1], e deverão ser acionados os mecanismos referentes aos planos de contingência de cada vale.

^[1] O item 6.7 do Termo de Referência da Sabesp, de 22/04/09, explicita que no relatório “Estudos de Cheias para Avaliação dos Volumes de Espera” seria feita a “inclusão das denominadas zonas de operação ou diagrama de operação, indicando, em função da vazão afluyente e do NA do reservatório, a estratégia operacional a ser utilizada: controle de cheias (vazões inferiores ou iguais às vazões de restrição), alerta (indicativos de que poderá haver quebra das vazões de restrição) ou segurança do barramento (comportas totalmente abertas). Esses produtos (diagramas de operação) ainda não foram apresentados pela Sabesp.

Quadro 1: Análise, preliminar, de volumes de espera para absorver hidrogramas de cheias de 50 anos de período de retorno e respectivos níveis operacionais.

| Características hidrológicas | Aproveitamentos | | | |
|---|-----------------|-----------|-----------|--------------|
| | Jaguari Jacaréi | Cachoeira | Atibainha | Paiva Castro |
| Vazão de pico do hidrograma (m ³ /s) [a] | 1.426 | 566 | 539 | 608 |
| Volume do hidrograma (hm ³) [a] | 60,93 | 16,25 | 13,95 | 15,12 |
| N.A. máximo normal (m) [b] | 844,00 | 821,88 | 786,72 | 745,61 |
| N.A. máximo operacional avaliado (m) [c] | 842,75 | 819,94 | 786,07 | 741,53 [g] |
| Volume de espera avaliado (hm ³) [d] | 60,93 | 16,25 | 13,95 | 15,12 |
| Vazão defluente resultante da cheia (50 a.) (m ³ /s) [e] | 0 | 0 | 0 | 0 |
| N.A. máx. normal - N.A. máx. oper avaliado (m) [f] | 1,25 | 1,94 | 0,65 | 4,08 [g] |

[a] – Dados dos estudos da Sabesp – relatório [3].

[b] – Para Jaguari/Jacaréi e Paiva Castro, mesmos valores da Portaria 1213/04. Para Cachoeira e Atibainha, cota das cristas dos vertedores tulipas – relatório [2].

[c] – Determinado em função da relação cota x volume e do volume do hidrograma.

[d] – Igual ao volume do hidrograma.

[e] – Sem descargas devido ao amortecimento de todo o volume do hidrograma.

[f] – Diferença entre as cotas [b] e [c].

[g] – Solução inviável: o N.A. mínimo operacional de Paiva Castro é 743,80 m, para o bombeamento da ESI.

Nos itens abaixo, são analisados os dados do Quadro 1.

4.1. Jaguari-Jacaréi

Comentário:

Os estudos da Sabesp mostram que as calhas e várzeas dos rios Jaguari e Jacaréi podem absorver vazões de até 200 m³/s sem impactos relevantes e que essa vazão de vertimento corresponde à descarga máxima defluente para uma cheia centenária, com o N. A. inicial do reservatório na cota 844,00 (máximo normal). Não haveria, portanto, necessidade de se estabelecer um N.A. máximo operacional abaixo de 844,0 m. A operação das comportas permite operar o aproveitamento com segurança, mesmo restringindo temporariamente vazões para jusante no intuito de minimizar efeitos negativos.

Proposta:

N.A. máximo operacional = N.A. máximo normal = 844,00 m.

Volume útil operacional correspondente = 808,12 hm³, ou 100%.



SECRETARIA DE ESTADO DE SANEAMENTO E ENERGIA
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO

R. Boa Vista, 175 – 1º andar – Tel. 3293-8556 – CEP 01014-001 – São Paulo – SP
<www.daee.sp.gov.br>

4.2. Cachoeira e Atibainha

Comentário:

Considerando-se que:

Os vertedores “Tulipa” são de soleira livre e que, nesses casos, as vazões para jusante são resultantes da curva de descarga da estrutura (ou de suas dimensões) e da lâmina ou carga sobre a soleira, a única forma de se restringir vazões para determinado evento de cheia é manter volumes de espera para, com isso, reduzir os níveis máximos atingidos pelo reservatório,

os estudos da Sabesp mostram que as várzeas dos rios Cachoeira e Atibainha, a jusante das barragens, sofreram ocupações importantes, que suas calhas têm pouca capacidade de veicular vazões e que as chuvas intensas de 100 anos de período de retorno provocariam inundações consideráveis dessas várzeas, mesmo sem o vertimento das barragens,

a dificuldade de se estimar ou verificar em que grau vazões de cheia vertidas por essas soleiras agravarão as cheias nas várzeas de jusante, já inundadas por precipitações intensas de chuvas frontais generalizadas, ou prolongarão a permanência dessas inundações, e

se esses reservatórios forem mantidos na cota da soleira dos tulipas, qualquer evento de precipitação intensa provocará ações de alerta das populações de jusante, acionamento da Defesa Civil local e demais conseqüências previstas nos planos de contingência.

Proposta:

Para o **Cachoeira:**

Manter volume de espera abaixo da cota da soleira do vertedor tulipa, para absorver uma cheia de 50 anos de período de retorno com volume de 16,25 hm³. Para isso, teoricamente, o N.A. máximo operacional deveria ser 819,94 m.

De forma prática, propomos a cota **820,00** m para o N.A. máximo operacional a ser respeitado no reservatório do rio Cachoeira.

Volume de espera correspondente: **15,7** hm³ (entre as cotas 820,00 e 821,88 m).

Para o **Atibainha:**

Manter volume de espera, abaixo da cota da soleira do vertedor tulipa, para absorver uma cheia de 50 anos de período de retorno com volume de 13,95 hm³. Para isso, teoricamente, o N.A. máximo operacional deveria ser 786,07 m.

De forma prática, propomos a cota **786,00** m para o **N.A. máximo operacional** a ser respeitado no reservatório do rio Atibainha.

Volume de espera correspondente: **15,5** hm³ (entre as cotas 786,00 e 786,72 m).



SECRETARIA DE ESTADO DE SANEAMENTO E ENERGIA
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO

R. Boa Vista, 175 – 1º andar – Tel. 3293-8556 – CEP 01014-001 – São Paulo – SP
<www.daee.sp.gov.br>

4.3. Paiva Castro (Juqueri)

Comentário:

Os estudos apresentados pela Sabesp afirmam não haver segurança em operações de cheia no vertedor da barragem de Paiva Castro, com o intuito de se restringir ou controlar descargas para jusante.

As várzeas do rio Juqueri, a jusante da barragem, apresentam ocupações intensas, além de vias importantes de ligação intermunicipal, indústrias de porte, escola pública, parque estadual, entre outras.

A capacidade de veiculação de vazões da calha do rio é muito restrita.

Há restrição para o nível mínimo operacional desse reservatório, em função da carga hidráulica necessária para a Elevatória de Santa Inês (ESI), de 743,80 m.

O volume útil operacional entre as cotas 743,80 e 745,61 m é de 7,6 hm³, apenas.

Para absorver o hidrograma de cheia de TR = 50 anos seriam necessários 15,1 hm³.

Verificações expeditas, por meio de hidrograma triangular, considerando a retirada firme de 33 m³/s pela ESI e com Túnel 5 fechado, mostraram que um volume de espera de 2,7 hm³ poderia absorver uma cheia afluyente com uma vazão de pico da ordem de 170 m³/s.

Esse volume de espera permitiria evitar que em qualquer evento de cheia se fizesse necessário acionar os mecanismos do plano de contingência, o que aconteceria se o reservatório for mantido em seu nível máximo normal (745,61 m).

Proposta:

Estabelecer o **N.A. máximo operacional** na cota **745,00** m, à qual corresponde um volume total de 30,2 hm³, um volume operacional de 4,9 hm³ (entre as cotas 743,80 e 745,00) e um volume de espera de **2,7** hm³ (entre as cotas 745,00 e 745,61 m).



SECRETARIA DE ESTADO DE SANEAMENTO E ENERGIA
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO
 R. Boa Vista, 175 – 1º andar – Tel. 3293-8556 – CEP 01014-001 – São Paulo – SP
 <www.dae.sp.gov.br>

Quadro 2: Níveis máximos operacionais propostos e volumes de espera correspondentes.

| Níveis d'Água | Jaguari-Jacareí | | Cachoeira | | Atibainha | | Sistema Equivalente | Paiva Castro (Juqueri) | | Sistema Cantareira |
|---|-----------------|--------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------------------|------------------------|-------------|-----------------------|
| | Cota (m) | VUOp (hm³) [1] | Cota (m) | VUOp (hm³) | Cota (m) | VUOp (hm³) | VUOp (hm³) | Cota (m) | VUOp (hm³) | VUOp (hm³) |
| N.A. máx normal [2] | 844,0 0 | 808,1 2 | 821,88 | 69,75 | 786,72 | 95,26 | 973,13 (100%) | 745,6 1 | 7,61 | 980,74 (100%) |
| N.A. máximo operacional proposto | 844,0 0 | 808,1 2 | 820,00 | 54,02 | 786,00 | 79,75 | 941,89 (96,8%) | 745,0 0 | 4,89 | 946,78 (96,5%) |
| Volume de espera resultante proposto [3] | xxxx | 0 | xxxx | 15,73 | xxxx | 15,51 | 31,24 (3,2%) | xxxx | 2,72 | 33,96 (3,5%) |
| N.A. mínimo normal [4] | 820,8 0 | 0 | 811,72 | 0 | 781,88 | 0 | 0 | 743,8 0 | 0 | 0 |

[1] **VUOp**: volume útil operacional; as diferenças em relação aos valores da Portaria DAEE 1213/04 se devem à revisão das curvas cota x volume efetivada pela Sabesp;

[2] **N.A. máx normal**: idem Portaria DAEE 1213/04, exceto para Cachoeira e Atibainha – corrigidos pelos levantamentos topográficos de 2009 da Sabesp.

[3] Volume de espera; diferença entre os volumes úteis correspondentes ao N.A. máximo normal e ao N.A. máximo operacional proposto;

[4] Mantidos os mesmos níveis da Portaria DAEE 1213/04.



SECRETARIA DE ESTADO DE SANEAMENTO E ENERGIA
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO

R. Boa Vista, 175 – 1º andar – Tel. 3293-8556 – CEP 01014-001 – São Paulo – SP
<www.daee.sp.gov.br>

5. BANCO DE ÁGUAS

O Anexo IV da Portaria DAEE 1213/04 define a formulação para determinação do estado do SE (Sistema Equivalente).

O volume economizado acumulado, em determinado mês, pela RMSP ou pela Bacia do Piracicaba, é resultante da seguinte expressão:

$$Z_{j,t} = \max [0; Z_{j,t-1} + (X_{j,t} - Q_{j,t} - S_{j,t}) \Delta t]$$

Onde

Z = volume economizado acumulado (≥ 0)

X = limite de vazão de retirada; definido em função do estado do sistema (%), utilizando-se as tabelas do Anexo III

Q = vazão de retirada do sistema equivalente efetivada

S = vertimento do sistema equivalente ocorrido

j = índice que representa a RMSP (1) ou a Bacia do Piracicaba (2)

t = índice do mês

Δt = número de segundos do mês

Portanto, na renovação da outorga, em agosto de 2004, ficou definido que os volumes vertidos em determinado mês ($S_{j,t} \times \Delta t$), devido a cheias afluentes, com os reservatórios em seus níveis máximos operacionais, serão descontados dos bancos de águas.

Se os vertimentos totais deste verão tiverem como resultado uma redução drástica do banco de águas, economizado com o cumprimento das regras ditadas na outorga, um novo período de economias e de dispêndios terá início, permitindo a recuperação dos volumes vertidos.

6. VAZÕES DE RESTRIÇÃO A JUSANTE DOS BARRAMENTOS

A partir dos estudos da Sabesp, apresentados no item 10 – “Determinação das áreas inundadas em função das vazões de restrição” do relatório “Estudos de cheias – out/09” - [3], propõe-se que sejam adotados os seguintes valores para vazões de restrição para descargas para jusante dos aproveitamentos do Sistema Cantareira.

Barragem do rio Jaguari: 50 m³/s

Barragem do rio Cachoeira: 7 m³/s

Barragem do rio Atibainha: 3 m³/s

Barragem do rio Juqueri: 10 m³/s

Essas vazões de restrição são as máximas a serem descarregadas pelos vertedores e/ou descarregadores de fundo dos aproveitamentos referidos, para reconstituição dos volumes de espera, no caso dos reservatórios de Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro. Para o Jaguari-Jacareí e Juqueri (Paiva Castro), referem-se à máxima vazão para jusante sempre que o diagrama de operação assim o permitir, ou seja, que não comprometa a segurança hidrológica da barragem.



SECRETARIA DE ESTADO DE SANEAMENTO E ENERGIA
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DIRETORIA DE PROCEDIMENTOS DE OUTORGA E FISCALIZAÇÃO

R. Boa Vista, 175 – 1º andar – Tel. 3293-8556 – CEP 01014-001 – São Paulo – SP
<www.daee.sp.gov.br>

Os valores aqui estabelecidos são máximos, porém, para descarregar volumes acumulados nos reservatórios além do desejado para recuperar os volumes de espera, o operador deverá levar em consideração a condição das várzeas a jusante no momento.

Para a reconstituição de volumes de espera ou níveis operacionais, dar-se-á prioridade para as operações de transferência de vazões pelos Túneis e pela Elevatória de Santa Inês. Na impossibilidade dessa operação, as descargas serão para jusante dos barramentos.

Quando os reservatórios atingirem seus N.A. máximos normais (item 2), as vazões de restrição propostas deixam de ser consideradas, passando a prioridade para a segurança das barragens.

7. COMENTÁRIOS FINAIS.

Propõe-se que os volumes de espera recomendados nesta nota sejam válidos apenas para o presente período chuvoso (2009/2010).

Quando do estabelecimento de novos níveis máximos operacionais, como aqui recomendado, a Sabesp deverá ajustar prontamente suas regras operacionais às novas restrições estabelecidas e, inclusive, compatibilizar seus planos de contingência a essas novas regras.

Os N. A. máximos operacionais propostos para o Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro, segundo nosso entendimento, podem ser ultrapassados quando da afluência de cheias nesses reservatórios. Entretanto, terminado cada evento, a Sabesp deverá promover operações de descarga e/ou de transferência de vazões de forma a fazer com que as represas retornem aos níveis máximos aqui propostos. Essas operações deverão levar em conta as vazões de restrição, e as situações das várzeas de jusante, buscando não agravar eventuais inundações.

Salienta-se que os estudos apresentados pela Sabesp concluem que a manutenção de volumes de espera no montante de 33 hm³ “não causará alteração no atendimento das demandas da RMSP e da bacia do rio Piracicaba estabelecidas na outorga” ([3], item 14). A proposta implica na manutenção de um total de 33,9 hm³ como volume de espera. A diferença de 0,9 hm³ entre o valor referido nos estudos da Sabesp e o resultante desta proposta se deve a arredondamentos nas cotas dos níveis máximos operacionais (itens 4.2 e 4.3).

A partir de maio ou junho de 2010 será possível avaliar os resultados dessa norma temporariamente estabelecida para que eventuais correções ou alterações sejam definidas pelos órgãos e entidades envolvidos.

DAEE/DPO, São Paulo, 16/12/2009,
Francisco N. Gusso (4551)
Mario K. Nakashima (7729)

ANEXO I: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS APROVEITAMENTOS DO SISTEMA CANTAREIRA

| CARACTERÍSTICAS | | APROVEITAMENTOS | | | | |
|------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------------|---|
| | | JAGUARI | JACAREÍ | CACHOEIRA | ATIBAINHA | PAIVA CASTRO |
| MACIÇO | Tipo | Aterro compactado | Aterro compactado | Aterro compactado | Aterro compactado | Aterro compactado |
| | Altura máxima (m) | 55 | 50 | 40 | 38 | 22 |
| | Extensão (m) | 700 | 1.300 | 310 | 410 | 270 |
| | Cota de coroamento (m) | 847,00 | 847,00 | 827,67 | 791,32 | 750,24 |
| VERTEDOR SUPERFÍCIE | Tipo | Creager com comporta Setor | | Tulipa | Tulipa | Creager com comporta Setor |
| | Dimensão (m) | 3 vãos de 6,0 m | | Ø 10,0 | Ø 6,0 | 2 vãos de 4,0 m |
| | Cota da soleira (m) | 834,97 | | 821,88 | 786,72 | 739,02 |
| DESCARREGADOR DE FUNDO | Tipo de controle | 2 válvulas dispensoras paralelas | 2 válvulas dispensoras paralelas | Comporta plana | Comporta plana | Válvula borboleta e válvula esférica paralela |
| | Dimensão (m) | Ø 1,0 | Ø 1,0 | Abertura 2,0 X 2,0 | Abertura 1,0 m (L) e 1,10 (H) | Ø 1,0 m (borboleta) Ø 0,35 (esfera) |
| | Cota do eixo / soleira (m) | (eixo) 797,07 | (eixo) 799,02 | (soleira) 808,00 | (soleira) 774,27 | (eixo) 734,20 |

| CARACTERÍSTICAS | | ESTRUTURA HIDRÁULICA DE TRANSFERÊNCIA DE VAZÕES | | |
|-------------------------|--|--|---|---|
| | | TÚNEL 7 | TÚNEL 6 | TÚNEL 5 |
| | | Ligação JAGUARI / JACAREÍ com CACHOEIRA | Ligação CACHOEIRA com ATIBAINHA | Ligação ATIBAINHA com PAIVA CASTRO |
| TOMADA D'ÁGUA (EMBOQUE) | Localização | Reservatório JACAREÍ | Reservatório CACHOEIRA | Reservatório ATIBAINHA |
| | Tipo | Torre de concreto com tomada d'água seletiva com 6 aberturas dispostas simetricamente em 3 pares | Estrutura de concreto com comporta de setor instalada na margem do reservatório | Estrutura de concreto com comporta de setor instalada na margem do reservatório |
| | Dimensões da abertura da seção da comporta | Largura: 1,5 m Altura: 8,0 m | Largura: 2,63 m Altura: 2,89 m | Largura: 2,61 m Altura: 3,37 m |
| | Cota da soleira da abertura da comporta | Abertura 1 e 2: 818,0 m Abertura 3 e 4: 827,0 m Abertura 5 e 6: 836,0 m | 808,35 m | 775,25 m 777,23 m (cota de fundo do canal de aproximação da tomada d'água) |

ANEXO II: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DOS APROVEITAMENTOS

| CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS | | APROVEITAMENTOS | | | |
|--|---|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | JAGUARI / JACAREÍ | CACHOEIRA | ATIBAINHA | PAIVA CASTRO |
| Área de drenagem (km ²) | | 1.230 | 392 | 312 | 369 |
| Coroamento da barragem – Cota (m) | | 847,00 | 827,67 | 791,32 | 750,24 |
| Crista do vertedor – Cota (m) | | 834,97 | 821,88 | 786,72 | 739,02 |
| Descarregador de fundo – Cota do eixo/soleira (m) | | 797,07 (Jaguari) 799,02 (Jacareí) | 808,00 | 774,27 | 734,20 |
| Tomada d'água dos túneis – Cota da soleira da abertura da comporta (m) | | 818,00 (TÚNEL 7) | 808,35 (TÚNEL 6) | 775,25 (TÚNEL 5) | 735,00 (TÚNEL 3) |
| N.A. mínimo normal – Cota (m) | | 820,80 | 811,72 | 781,88 | 743,80 |
| N.A. mínimo minimorum – Cota (m) | | 818,00 | 807,80 | 777,90 | 743,00 |
| TR = 10.000 ANOS | Vazão de pico do hidrograma afluente (m ³ /s) | 3.482 | 1.383 | 1.257 | 1.467 |
| | Volume do hidrograma afluente (x 10 ³ m ³) | 142.139 | 37.816 | 30.981 | 34.730 |
| | Vazão máxima efluente (m ³ /s) | 1.179 | 187 | 58 | 264 |
| | N.A. máximo normal – Cota (m) | 844,00 | 821,88 | 786,72 | 745,61 |
| | N.A. máximo maximorum – Cota (m) | 845,11 | 825,21 | 788,02 | 749,44 |
| | Borda livre (m) | 1,89 | 2,46 | 3,30 | 0,80 |
| TR = 100 ANOS | Vazão de pico do hidrograma afluente (m ³ /s) | 1.677 | 662 | 625 | 716 |
| | Volume do hidrograma afluente (x 10 ³ m ³) | 71.018 | 18.837 | 16.027 | 17.628 |
| TR = 50 ANOS | Vazão de pico do hidrograma afluente (m ³ /s) | 1.426 | 566 | 539 | 608 |
| | Volume do hidrograma afluente (x 10 ³ m ³) | 60.934 | 16.245 | 13.949 | 15.118 |

Nota Técnica DAEE/DPO - Sistema Cantareira - 11/12/2009

Anexo III.1 - Valores Cota x Área x Volume do Reservatório dos Rios Jaguari e Jacareí

JAGUARI - JACAREÍ

Cotas ou níveis característicos

| Cota do N.A. (m) | Área (km²) | Volume (hm³) | Perc Vol (%) |
|------------------|------------|--------------|--------------|
| 791,00 | 0,00 | | |
| 792,00 | 0,02 | | |
| 793,00 | 0,04 | | |
| 794,00 | 0,07 | | |
| 795,00 | 0,11 | | |
| 796,00 | 0,16 | 0,00 | |
| 797,00 | 0,53 | 0,34 | 0,03 |
| 798,00 | 1,12 | 1,17 | 0,11 |
| 799,00 | 2,23 | 2,84 | 0,27 |
| 800,00 | 2,68 | 5,30 | 0,51 |
| 801,00 | 3,21 | 8,24 | 0,79 |
| 802,00 | 3,79 | 11,74 | 1,12 |
| 803,00 | 4,52 | 15,90 | 1,52 |
| 804,00 | 5,48 | 20,90 | 2,0 |
| 805,00 | 6,43 | 26,85 | 2,6 |
| 806,00 | 7,55 | 33,84 | 3,2 |
| 807,00 | 8,24 | 41,74 | 4,0 |
| 808,00 | 9,07 | 50,39 | 4,8 |
| 809,00 | 9,89 | 59,87 | 5,7 |
| 810,00 | 10,61 | 70,12 | 6,7 |
| 811,00 | 11,56 | 81,20 | 7,8 |
| 812,00 | 12,41 | 93,19 | 8,9 |
| 813,00 | 13,30 | 106,05 | 10,1 |
| 814,00 | 14,16 | 119,78 | 11,4 |
| 815,00 | 15,05 | 134,39 | 12,8 |
| 816,00 | 16,06 | 149,94 | 14,3 |
| 817,00 | 17,18 | 166,56 | 15,9 |
| [1] 818,00 | 18,19 | 184,25 | 17,6 |
| 819,00 | 19,23 | 202,96 | 19,4 |
| 820,00 | 20,35 | 222,74 | 21,3 |
| [2] 820,80 | 21,15 | 239,43 | 22,9 |
| 821,00 | 21,35 | 243,60 | 23,3 |
| 822,00 | 22,43 | 265,49 | 25,3 |
| 823,00 | 23,51 | 288,45 | 27,5 |
| 824,00 | 24,59 | 312,51 | 29,8 |
| 825,00 | 25,64 | 337,63 | 32,2 |
| 826,00 | 26,72 | 363,81 | 34,7 |
| 827,00 | 27,77 | 391,06 | 37,3 |
| 828,00 | 28,72 | 419,30 | 40,0 |
| 829,00 | 29,59 | 448,46 | 42,8 |
| 830,00 | 30,59 | 478,55 | 45,7 |
| 831,00 | 32,90 | 510,30 | 48,7 |
| 832,00 | 34,30 | 543,90 | 51,9 |
| 833,00 | 35,45 | 578,78 | 55,3 |
| 834,00 | 36,88 | 614,94 | 58,7 |
| 835,00 | 38,24 | 652,50 | 62,3 |
| 836,00 | 39,50 | 691,37 | 66,0 |
| 837,00 | 40,70 | 731,47 | 69,8 |
| 838,00 | 41,92 | 772,78 | 73,8 |
| 839,00 | 43,25 | 815,37 | 77,8 |
| 840,00 | 44,53 | 859,26 | 82,0 |
| 841,00 | 45,77 | 904,41 | 86,3 |
| 842,00 | 47,00 | 950,79 | 90,8 |
| 843,00 | 48,30 | 998,44 | 95,3 |
| [3] 844,00 | 49,91 | 1.047,55 | 100 |
| 845,00 | 50,76 | 1.097,88 | |
| [4] 845,11 | 50,90 | 1.103,53 | |
| 846,00 | 52,03 | 1.149,27 | |
| [5] 847,00 | 53,24 | 1.194,00 | |
| 850,00 | 56,88 | 1.328,13 | |

| Vol Util Oper (hm³) | Perc VUO (%) |
|---------------------|--------------|
| 0,00 | 0,0 |
| 4,17 | 0,5 |
| 26,06 | 3,2 |
| 49,02 | 6,1 |
| 73,08 | 9,0 |
| 98,20 | 12,2 |
| 124,38 | 15,4 |
| 151,63 | 18,8 |
| 179,87 | 22,3 |
| 209,03 | 25,9 |
| 239,12 | 29,6 |
| 270,87 | 33,5 |
| 304,47 | 37,7 |
| 339,35 | 42,0 |
| 375,51 | 46,5 |
| 413,07 | 51,1 |
| 451,94 | 55,9 |
| 492,04 | 60,9 |
| 533,35 | 66,0 |
| 575,94 | 71,3 |
| 619,83 | 76,7 |
| 664,98 | 82,3 |
| 711,36 | 88,0 |
| 759,01 | 93,9 |
| 808,12 | 100 |

[1] - N.A. mínimo **minimorum** cota da soleira das aberturas das comportas inferiores (1 e 2) da estrutura de emboque do Túnel 7 - não permite transferência de vazões.

[2] - N.A. mínimo **operacional** permite a transferência da vazão objetivo de 21,4 m³/s pelas comportas 1 e 2 do emboque do Túnel 7.

[3] - N.A. máximo **normal** máximo operacional, ao qual corresponde 100% do volume útil - início das operações das comportas do vertedor nos eventos de cheias.

[4] - N.A. máximo **maximorum** máximo estimado para ser atingido no evento da cheia de projeto (TR = 10.000 anos).

[5] - Cota do **coroamento dos maciços** das barragens dos rios Jaguari e Jacareí.

Nota Técnica DAEE/DPO - Sistema Cantareira - 11/12/2009

Anexo III.2 - Valores Cota - Área - Volume do Reservatório do Rio Cachoeira

CACHOEIRA

| Cota do N.A. (m) | Área (km ²) | Volume (hm ³) | Perc Vol (%) | |
|------------------|-------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------------|
| 790,00 | 0,00 | | | |
| 791,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | |
| 792,00 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | |
| 793,00 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | |
| 794,00 | 0,23 | 0,26 | 0,22 | |
| 795,00 | 0,37 | 0,55 | 0,47 | |
| 796,00 | 0,58 | 1,03 | 0,88 | |
| 797,00 | 0,82 | 1,72 | 1,5 | |
| 798,00 | 1,08 | 2,67 | 2,3 | |
| 799,00 | 1,38 | 3,91 | 3,4 | |
| 800,00 | 1,75 | 5,47 | 4,7 | |
| 801,00 | 2,07 | 7,36 | 6,3 | |
| 802,00 | 2,38 | 9,59 | 8,2 | |
| 803,00 | 2,72 | 12,16 | 10,4 | |
| 804,00 | 3,05 | 15,04 | 12,9 | |
| 805,00 | 3,33 | 18,22 | 15,6 | |
| 806,00 | 3,59 | 21,68 | 18,6 | |
| 807,00 | 3,82 | 25,39 | 21,8 | |
| 808,00 | 4,05 | 29,33 | 25,2 | [1] - Soleira descarga de fundo |
| 808,35 | 4,14 | 30,79 | 26,4 | [2] - N.A. mínimo minimorum |
| 809,00 | 4,31 | 33,49 | 28,7 | |
| 810,00 | 4,58 | 37,92 | 32,5 | |
| 811,00 | 4,89 | 42,67 | 36,6 | |
| 811,72 | 5,14 | 46,81 | 40,2 | [3] - N.A. mínimo operacional |
| 812,00 | 5,20 | 48,37 | 41,5 | |
| 813,00 | 5,55 | 53,77 | 46,1 | |
| 813,07 | 5,57 | 54,16 | 46,5 | |
| 814,00 | 5,85 | 59,44 | 51,0 | |
| 815,00 | 6,14 | 65,41 | 56,1 | |
| 816,00 | 6,47 | 71,71 | 61,5 | |
| 817,00 | 6,79 | 78,38 | 67,2 | |
| 818,00 | 7,28 | 85,46 | 73,3 | |
| 819,00 | 7,78 | 92,94 | 79,7 | |
| 820,00 | 8,07 | 100,83 | 86,5 | |
| 821,00 | 8,37 | 109,07 | 93,6 | |
| 821,88 | 8,63 | 116,56 | 100,0 | [4] - N.A. máx normal |
| 822,00 | 8,67 | 117,61 | | |
| 823,00 | 8,97 | 126,43 | | |
| 824,00 | 9,27 | 135,57 | | |
| 825,00 | 9,63 | 145,31 | | |
| 826,00 | 9,99 | 155,05 | | |
| 827,00 | 10,34 | 164,79 | | |
| 827,67 | 10,58 | 171,32 | | [5] - coroamento do maciço |

| Vol Útil Oper (hm ³) | Perc VUO (%) |
|----------------------------------|--------------|
| 0,00 | 0,0 |
| 1,56 | 2,2 |
| 6,96 | 10,0 |
| 7,35 | 10,5 |
| 12,63 | 18,1 |
| 18,60 | 26,7 |
| 24,90 | 35,7 |
| 31,57 | 45,3 |
| 38,65 | 55,4 |
| 46,13 | 66,1 |
| 54,02 | 77,4 |
| 62,26 | 89,3 |
| 69,75 | 100 |

- [1] - Soleira da abertura da comporta da descarga de fundo da barragem.
 [2] - N.A. mínimo minimorum: soleira da entrada da comporta do emboque do Túnel 6.
 [3] - N.A. mínimo operacional (para viabilizar transferência da vazão objetivo pelo Túnel 6).
 [4] - N.A. máximo normal: cota da crista da soleira do vertedor tulipa.
 [5] - Cota do coroamento do maciço da barragem.

Nota Técnica DAEE/DPO - Sistema Cantareira - 11/12/2009

Anexo III.3 - Valores Cota - Área - Volume do Reservatório do Rio Atibainha

| Cota do N.A. (m) | Área (km ²) | Volume (hm ³) | Perc Vol (%) |
|------------------|-------------------------|---------------------------|--------------|
| 756,00 | 0,00 | | |
| 757,00 | 0,00 | | |
| 758,00 | 0,23 | | |
| 759,00 | 0,45 | 0,00 | 0,00 |
| 760,00 | 1,00 | 0,39 | 0,13 |
| 761,00 | 1,54 | 0,77 | 0,27 |
| 762,00 | 2,16 | 2,62 | 0,90 |
| 763,00 | 2,83 | 5,12 | 1,8 |
| 764,00 | 3,46 | 8,26 | 2,8 |
| 765,00 | 4,03 | 12,01 | 4,1 |
| 766,00 | 4,74 | 16,40 | 5,7 |
| 767,00 | 5,57 | 21,55 | 7,4 |
| 768,00 | 6,36 | 27,52 | 9,5 |
| 769,00 | 7,16 | 34,28 | 11,8 |
| 770,00 | 7,97 | 41,84 | 14,4 |
| 771,00 | 8,74 | 50,19 | 17,3 |
| 772,00 | 9,51 | 59,32 | 20,4 |
| 773,00 | 10,32 | 69,23 | 23,9 |
| 774,00 | 11,16 | 79,97 | 27,6 |
| 774,27 | 11,39 | 83,01 | 28,6 |
| 775,00 | 12,00 | 91,55 | 31,5 |
| 776,00 | 12,87 | 103,98 | 35,8 |
| 777,00 | 13,77 | 117,31 | 40,4 |
| 777,90 | 14,65 | 130,10 | 44,8 |
| 778,00 | 14,75 | 131,87 | 45,4 |
| 779,00 | 15,63 | 146,76 | 50,6 |
| 780,00 | 16,42 | 162,78 | 56,1 |
| 781,00 | 17,16 | 179,57 | 61,9 |
| 781,88 | 17,75 | 194,93 | 67,2 |
| 782,00 | 17,83 | 197,06 | 67,9 |
| 783,00 | 18,50 | 215,23 | 74,2 |
| 784,00 | 19,08 | 234,02 | 80,6 |
| 785,00 | 20,47 | 253,79 | 87,5 |
| 786,00 | 21,30 | 274,68 | 94,7 |
| 786,72 | 21,78 | 290,19 | 100 |
| 787,00 | 21,96 | 296,31 | |
| 788,00 | 22,70 | 318,64 | |
| 789,00 | 23,53 | 341,75 | |
| 790,00 | 24,32 | 365,68 | |
| 791,00 | 25,11 | 390,39 | |
| 791,32 | 25,36 | 398,47 | |

ATIBAINHA

[1]

[2] N.A. mín minimorum

[3] N.A. mín operacional

[4] N.A. máx normal

[5] Coroamento do maciço

| Vol Útil Oper (hm ³) | Perc VUO (%) |
|----------------------------------|--------------|
| 0,00 | 0,0 |
| 2,13 | 2,2 |
| 20,30 | 21,3 |
| 39,09 | 41,0 |
| 58,86 | 61,8 |
| 79,75 | 83,7 |
| 95,26 | 100 |

- [1] - Cota da soleira da abertura da comporta do descarregador de fundo da torre do vertedor tulipa
 [2] - Cota, na seção de entrada, do fundo do canal de aproximação do emboque do Túnel 5
 [3] - N.A. mínimo para o qual ainda é possível transferir a vazão objetivo de 32,5 m³/s através do emboque do Túnel 5 para o rio Juqueri
 [4] - Cota da crista da soleira do vertedor tulipa
 [5] - Cota do coroamento do maciço da barragem

Nota Técnica DAEE/DPO - Sistema Cantareira - 11/12/2009

Anexo III.4 - Valores Cota - Área - Volume do Reservatório "Paiva Castro"

| Cota do N.A. (m) | Área (km²) | Volume (hm³) | Perc Vol (%) | |
|------------------|-------------|--------------|--------------|-------------------------------|
| 726,00 | 0,0002 | | | |
| 727,00 | 0,0036 | | | |
| 728,00 | 0,03 | | | |
| 729,00 | 0,11 | 0,07 | 0,21 | |
| 730,00 | 0,24 | 0,24 | 0,73 | |
| 731,00 | 0,40 | 0,55 | 1,67 | |
| 732,00 | 0,60 | 1,03 | 3,13 | |
| 733,00 | 0,80 | 1,71 | 5,2 | |
| 734,00 | 1,00 | 2,61 | 7,9 | |
| 734,41 | 1,10 | 3,07 | 9,3 | [1] N.A. mín minimorum |
| 735,00 | 1,24 | 3,74 | 11,4 | |
| 736,00 | 1,51 | 5,13 | 15,6 | |
| 737,00 | 1,77 | 6,77 | 20,6 | |
| 738,00 | 2,04 | 8,70 | 26,4 | |
| 739,00 | 2,37 | 10,90 | 33,1 | |
| 739,02 | 2,38 | 10,95 | 33,2 | Crista da soleira do vertedor |
| 740,00 | 2,70 | 13,39 | 40,6 | |
| 741,00 | 3,03 | 16,18 | 49,1 | |
| 742,00 | 3,31 | 19,28 | 58,5 | |
| 743,00 | 3,57 | 22,35 | 67,9 | |
| 743,50 | 3,74 | 24,18 | 73,4 | |
| 743,80 | 3,85 | 25,33 | 76,9 | [2] N.A. mín operacional |
| 744,00 | 3,93 | 26,10 | 79,2 | |
| 744,50 | 4,12 | 28,11 | 85,3 | |
| 745,00 | 4,32 | 30,22 | 91,7 | |
| 745,50 | 4,53 | 32,43 | 98,5 | |
| 745,61 | 4,58 | 32,94 | 100,0 | [3] N.A. máx normal |
| 746,00 | 4,76 | 34,75 | | |
| 746,50 | 5,00 | 37,19 | | |
| 747,00 | 5,25 | 39,75 | | |
| 747,50 | 5,52 | 42,44 | | |
| 748,00 | 5,80 | 45,30 | | |
| 749,00 | 6,40 | 51,50 | | |
| 750,00 | 7,00 | 58,50 | | |
| 750,24 | 7,15 | 60,00 | | [4] Coroamento do maciço |

JUQUERI - "PAIVA CASTRO"

| Vol Útil Oper (hm³) | Perc VUO (%) |
|---------------------|--------------|
| 0,00 | 0,0 |
| 0,77 | 10,1 |
| 2,78 | 36,5 |
| 4,89 | 64,3 |
| 7,10 | 93,3 |
| 7,61 | 100 |

[1] - Cota do eixo das válvulas do descarregador de fundo (Borboleta - D = 1,0 m, e Esférica - D = 0,35 m)

[2] - N.A. mínimo operacional - para viabilizar o recalque de 33 m³/s na Elevatória de Santa Inês.

[3] - N.A. máximo normal

[4] - Cota do coroamento do maciço da barragem