



Operador Nacional do Sistema Elétrico

**DIRETRIZES PARA AS
REGRAS DE OPERAÇÃO DE
CONTROLE DE CHEIAS
BACIA DO RIO IGUAÇU
(CICLO 2010-2011)**

© 2010/ONS
Todos os direitos reservados.
Qualquer alteração é proibida sem autorização.

ONS RE 0067/2011

**DIRETRIZES PARA AS
REGRAS DE OPERAÇÃO DE
CONTROLE DE CHEIAS
BACIA DO RIO IGUAÇU
(CICLO 2010-2011)**

Abril de 2011

Sumário

1	Introdução	5
2	Metodologia para operação de controle de cheias	9
2.1	Aspectos gerais	9
2.2	Premissas Básicas	11
2.2.1	Caracterização de cheia na bacia hidrográfica	12
2.2.1.1	Vazões nos pontos de controle	12
2.2.1.2	Vazões previstas	12
2.2.2	Ocupação de volumes de espera dos reservatórios	13
2.2.3	Indicativo de violação das restrições hidráulicas de vazões máximas na bacia hidrográfica	13
2.3	Critérios gerais para a caracterização da situação de operação de controle de cheias	14
2.4	Procedimentos operativos gerais	18
2.4.1	Procedimentos prévios ao período de controle de cheias	18
2.4.2	Procedimentos para a situação de operação normal	18
2.4.3	Procedimentos para a situação de operação em atenção para controle de cheias	18
2.4.4	Procedimentos para a situação de operação em alerta para controle de cheias	19
2.4.5	Procedimentos para a situação de operação em emergência para controle de cheias	20
2.5	Declaração da situação de operação de controle de cheias	21
3	Aplicação da metodologia	22
3.1	Sistemas de reservatórios	22
3.2	Cenário Hidrológico	23
3.3	Caracterização da situação de operação de controle de cheias	24
3.4	Caracterização situação de operação no PDF e na Operação em Tempo Real	25
4	Procedimentos para operação de controle de cheias	25
4.1	Programa diário de defluências – PDF e sua consolidação – PDFc	25
4.2	Procedimentos para operação de controle de cheias no conjunto GBM/GNB	25
4.2.1	Em situação de operação Normal no conjunto de reservatórios das usinas GBM e GNB	26
4.2.2	Em situação de operação Atenção no conjunto de reservatório das usinas GBM e GNB	26

4.2.3	Em Situação de operação Alerta no conjunto de reservatório das usinas GBM e GNB	26
4.2.4	Em situação de operação Emergência no conjunto de reservatório das usinas GBM e GNB	27
4.3	Procedimentos para operação de controle de cheias do reservatório de Salto Santiago	27
4.3.1	Em situação de operação Normal no reservatório de Salto Santiago	27
4.3.2	Em situação de operação Atenção no reservatório de Salto Santiago	27
4.3.3	Em situação de operação Alerta no reservatório de Salto Santiago	27
4.3.4	Situação de operação Emergência no reservatório de Salto Santiago	28
5	Perda de comunicação	28
6	Coordenação operacional do controle de cheias	28
7	Procedimentos operativos para situação de cheias na área de confluência dos rios Paraná e Iguaçu	29
8	Sistema de informação	29
	Referências bibliográficas	31
	ANEXO I Restrições hidráulicas	32
	ANEXO II Curvas de descarga em União da Vitória e Porto Vitória	34
	Obs.: Nível do zero da régua de Porto Vitória é 739,901m.	
	ANEXO III Volumes de espera em Salto Santiago	34
	ANEXO III Volumes de espera em Salto Santiago	35
	ANEXO IV Diagrama de operação Normal de Salto Santiago	36
	ANEXO V Diagrama de operação em emergência de Salto Santiago	37
	ANEXO VI Diagrama de operação normal do sistema equivalente da usina GBM + usina GNB	38
	ANEXO VII Método de Rebaixamento e Recuperação de Foz do Areia	39
	Diagrama de Operação de Segredo	43
	Operação Integrada do Sistema Foz do Areia e Segredo	44
	Vazão defluente em Foz do Areia	45
	Vazão Defluente em Segredo	46
	Lista de figuras e quadros	48

1 Introdução

O planejamento da operação hidráulica para o controle de cheias dos reservatórios do Sistema Interligado Nacional - SIN é realizado em duas etapas. Na primeira são desenvolvidos os estudos de prevenção de cheias, nos quais são determinadas as necessidades de recursos físicos para o controle de cheias. Na segunda etapa são realizados estudos para a definição das diretrizes para as regras de operação de controle de cheias, nos quais são estabelecidas as medidas a serem tomadas durante a ocorrência de cheias, tanto de caráter administrativo como de engenharia.

O presente relatório apresenta as diretrizes para as regras de operação de controle de cheias do sistema de reservatórios da bacia do Rio Iguaçu, resultantes dos estudos relativos à segunda etapa do planejamento da operação hidráulica desta bacia. Estes estudos consideram os critérios definidos na nota técnica ONS NT 3/070/2008 – Critérios para caracterização de situações de operação de controle de cheias (ONS, 2008).

Conforme preconizado nos Procedimentos de Rede do ONS, no Submódulo 9.4 – Estabelecimento das Regras para Operação de Controle de Cheias - do módulo 9 – Recursos Hídricos e Meteorologia, foram utilizados os resultados dos estudos de prevenção de cheias desta bacia, constantes no relatório “ONS RE 3/158/2010 - *Plano Anual de Prevenção de Cheias – Ciclo 2010/2011*”. Neste relatório, são apresentados os volumes de espera e o correspondente tempo de recorrência adotado para o controle de cheias no reservatório da UHE Salto Santiago, devido à restrição hidráulica de vazão máxima, relativa a inundação da sua casa de força. A Tractebel Energia indicou o tempo de recorrência de 250 anos para esta restrição hidráulica.

O referido relatório contempla, também, a operação de controle de cheias do reservatório da usina Governador Bento Munhoz da Rocha Neto (GBM), denominada “rebaixamento dinâmico”. Esta operação é baseada em recursos de previsão da vazão afluente, na preservação do fim energético (pela recuperação do nível máximo normal 742,00 m no final da cheia) e na disponibilidade de volumes vazios nos reservatórios de jusante, com exceção do reservatório de Salto Santiago que prioriza o seu próprio controle de cheias. O rebaixamento dinâmico do reservatório da usina GBM visa evitar o agravamento das enchentes nas cidades de União da Vitória e Porto União em áreas situadas acima da cota de desapropriação, por influência do seu reservatório. A operação de controle de cheias da usina GBM é executada de forma integrada com a usina Governador Ney Braga (GNB), de modo a reduzir os aumentos na vazão máxima e na taxa de variação da vazão defluente, para jusante.

As principais características de todos os aproveitamentos existentes da bacia do rio Iguaçu estão apresentadas no Quadro 1. O reservatório do Desvio Jordão,

situado no rio Jordão e afluente do rio Iguaçu, é destinado a desviar a água do rio Jordão para o reservatório da usina GNB, através de túnel.

A operação de controle de cheias é executada sob a coordenação do ONS, através dos seus Centros de Operação, com base em Instruções de Operação específicas, elaboradas a partir das diretrizes apresentadas no presente relatório.

Na região de confluência dos rios Paraná, Iguaçu e Acaray, à jusante de Itaipu, há locais sujeitos à inundação, em ambas as margens. Vazões acima de 51000 m³/s, no posto fluviométrico R-11, provocam inundações na usina paraguaia de Acaray. Ainda nesta região, por se situar nas fronteiras entre Brasil, Paraguai e Argentina, as vazões e níveis estão sujeitos a restrições impostas por acordos internacionais, como o Acordo Tripartite firmado entre estes três países. Em situação de cheia nestes locais, ou previsão de ocorrência de cheia, o ONS fará gestão para efetivar, quando possível, ações de auxílio à minimização dos problemas com inundações.

O presente relatório atualiza e substitui o relatório ONS RE 3/070/2010 - "Diretrizes para as Regras de Operação de Controle de Cheias - Bacia do Rio Iguaçu - Ciclo 2009-2010".

Quadro 1 Principais características dos aproveitamentos da bacia do rio Iguaçu

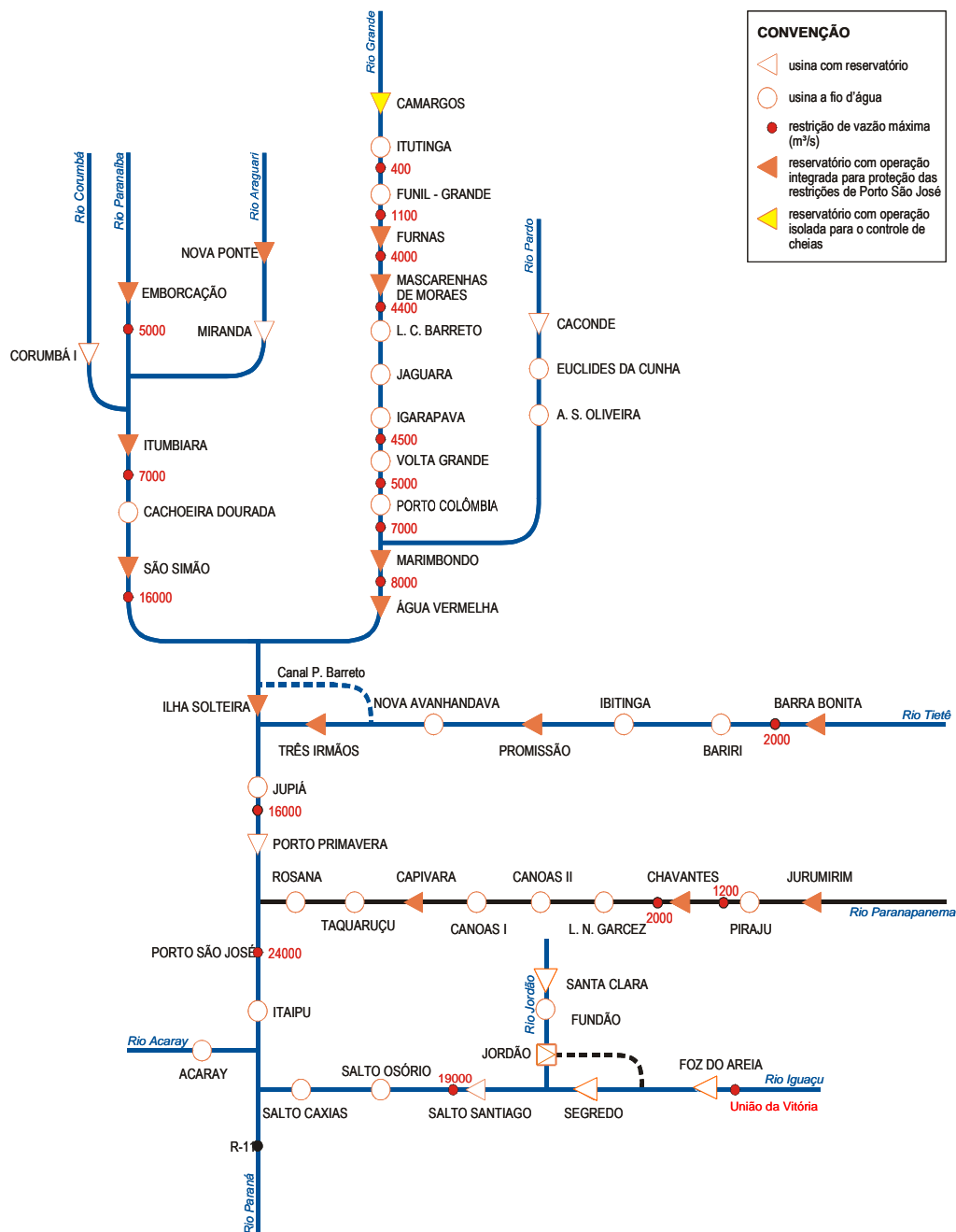
EMPRESA	APROVEITAMENTO	RIO	DIST. ATÉ A FOZ (km)	A.D. (km ²)	V.U. (km ³)	POT. INST. (MW)	RESTRIÇÕES OPERATIVAS	
							MONT. (m)	JUS. (m ³ /s)
COPEL	FOZ DO AREIA (GBM)	IGUAÇU	550	30.127	3,805	1.676	NA.max= variável (1)	-
COPEL	SEGREDO (GNB)	IGUAÇU	450	34.346	0,384	1.260	-	-
COPEL	SANTA CLARA	JORDÃO	32	3.900	0,262	120	-	-
COPEL	FUNDÃO	JORDÃO	23	4.090	0,007	120	-	-
COPEL	JORDÃO	JORDÃO	3	4730	0,025	-	-	-
TRACTEBEL	S. SANTIAGO	IGUAÇU	357	43.852	4,113	1.420	-	Qmax= 19.000 (2)
TRACTEBEL	S. OSÓRIO	IGUAÇU	307	45.769	0,403	1.078	-	-
COPEL	S. CAXIAS (GJR)	IGUAÇU	210	56.977	0,273	1.240	-	30.000 (3)

(1) Restrição hidráulica de nível de água máximo no reservatório, variável em função do nível da água em Porto Vitória e em União da Vitória, determinado pelas curvas de descarga em União da Vitória, conforme Anexo II.

(2) Restrição hidráulica de vazão máxima à jusante, devido à inundação da casa de força própria.

3) Restrição da ponte da PR-182. Não será alocado volume de espera para esta restrição.

Figura 1 Diagrama esquemático dos aproveitamentos localizados na bacia do rio Paraná



2 Metodologia para operação de controle de cheias

2.1 Aspectos gerais

Conforme estabelecido no Submódulo 9.3 – *Planejamento Anual de Prevenção de Cheias*, os sistemas de reservatórios para controle de cheias podem ser classificados em dois tipos: interdependentes e independentes.

Os sistemas de reservatórios interdependentes para controle de cheias são constituídos por dois ou mais reservatórios operados por diferentes agentes de geração, cujos reservatórios apresentem as seguintes características:

- tenham capacidade de influenciar na proteção de locais situados a jusante de outros reservatórios, sujeitos à restrição de vazão máxima; ou
- possam ser influenciados por outros reservatórios situados a montante, na proteção de locais situados imediatamente a jusante.

Os sistemas de reservatórios para controle de cheias que não apresentem as características anteriormente listadas são classificados como sistemas de reservatórios independentes para controle de cheias.

A situação de operação no período de controle de cheias pode ser classificada em Normal, Atenção, Alerta e Emergência, caracterizadas conforme o Quadro 2 (Quadro 1 do Submódulo 9.4), mostrado a seguir:

Quadro 2 Caracterização das situações de operação dos sistemas de reservatórios, no período de controle de cheias

SITUAÇÃO DE OPERAÇÃO NO PERÍODO DE CONTROLE DE CHEIAS	
SITUAÇÃO DE OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO
Normal	<ul style="list-style-type: none">• Não há caracterização de cheia, não há ocupação de volumes de espera e não há indicativo de violação de restrições hidráulicas de vazões máximas, consideradas ou não no Plano Anual de Prevenção de Cheias - PAPC.
Atenção	<ul style="list-style-type: none">• Há caracterização de cheia ou há ocupação de volumes de espera; e não há indicativo de violação de restrições hidráulicas de vazões máximas consideradas no PAPC; e• não há indicativo de violação de restrição hidráulica de vazões máximas não considerada no PAPC.

SITUAÇÃO DE OPERAÇÃO NO PERÍODO DE CONTROLE DE CHEIAS	
SITUAÇÃO DE OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO
Alerta	<ul style="list-style-type: none"> Há caracterização de cheia, há ocupação de volumes de espera e há indicativo de violação das restrições hidráulicas de vazões máximas consideradas no PAPC; ou há indicativo de violação de restrição hidráulica de vazões máximas não considerada no PAPC.
Emergência	<ul style="list-style-type: none"> Há caracterização de cheia, há ocupação de volumes de espera e há violação de restrições hidráulicas de vazões máximas consideradas no PAPC; ou há violação de restrição hidráulica de vazões máximas não considerada no PAPC.

De acordo com o item 6.3.1 do Submódulo 9.4, os critérios para a caracterização da situação de operação são estabelecidos, de forma objetiva, nas regras de operação dos sistemas de reservatórios, elaboradas em conjunto pelo ONS e os agentes de geração, com base nas características de cada reservatório e da bacia hidrográfica associada. Neste contexto, as situações de operação são estabelecidas da seguinte forma:

Nos sistemas de reservatórios para controle de cheias com restrição de vazão máxima a jusante, a situação de operação é caracterizada no ponto de controle e estendida ao(s) aproveitamento(s) hidroelétrico(s) situado(s) imediatamente a montante deste, a partir das vazões afluentes, dos indicativos de risco e dos volumes vazios existentes no sistema de reservatórios. Na apuração dos volumes de espera, são considerados todos os reservatórios situados a montante do local de restrição e que compõem o sistema de reservatórios para controle de cheias.

Nos sistemas de reservatórios para controle de cheias com restrição de nível máximo a montante, a situação de operação é caracterizada no ponto de controle e estendida ao reservatório situado imediatamente a jusante deste e que influencia nesse nível, a partir das vazões afluentes e da influência do reservatório no local da restrição.

Entende-se por ponto de controle o local da restrição estabelecida.

A responsabilidade na operação de controle de cheias em sistemas de reservatórios, que trata o item 6.4 do Submódulo 9.4, aplica-se somente ao(s) aproveitamento(s) hidroelétrico(s) situado(s) imediatamente a montante do ponto de controle, no caso de restrição de vazão máxima a jusante, e ao reservatório situado

imediatamente a jusante do ponto de controle, no caso de restrição de nível máximo a montante.

Apresenta-se, abaixo, as responsabilidades do ONS e dos agentes de geração, na operação hidráulica de controle de cheias desses aproveitamentos, em cada situação de operação:

a) Na situação Normal:

O ONS é responsável pela definição das defluências médias semanais, conforme estabelecido no Programa Mensal de Operação Energética – PMO (Submódulo 7.3) e suas revisões semanais, e pela definição das defluências diárias, conforme estabelecido no Programa Diário de Defluências – PDF (Submódulo 8.1).

Os agentes de geração são responsáveis pela disponibilização dos insumos necessários à definição das defluências médias semanais e diárias, conforme estabelecido no PMO (Submódulo 7.3) e suas revisões semanais, e no PDF (Submódulo 8.1).

b) Na situação de Atenção:

O ONS é responsável pela consolidação das defluências, a partir da proposição dos agentes de geração, e pela compatibilização do PDF e do PMO, e suas revisões semanais, com essas defluências. O ONS comunica aos agentes de geração as justificativas para as proposições de defluências que não foram implementadas.

Os agentes de geração são responsáveis pela proposição das defluências médias semanais e diárias, pela disponibilização dessas defluências para o ONS, bem como pelo acompanhamento da compatibilização do PDF e do PMO, e suas revisões semanais, com essas defluências, realizada pelo ONS.

c) Nas situações de Alerta e de Emergência:

O ONS é responsável pela compatibilização do PDF e do PMO, e suas revisões semanais, com as defluências definidas pelos agentes de geração.

Os agentes de geração são responsáveis pela definição das defluências médias semanais e diárias, pela disponibilização dessas defluências ao ONS, bem como pelo acompanhamento da compatibilização do PDF e do PMO, e suas revisões semanais, com as defluências definidas pelos agentes de geração, realizada pelo ONS.

2.2 Premissas Básicas

2.2.1 Caracterização de cheia na bacia hidrográfica

Conforme estabelecido no Submódulo 9.4, a caracterização de cheia em uma bacia hidrográfica é definida pela previsão ou ocorrência de vazões naturais nos pontos de controle superiores às restrições de vazões máximas consideradas no PAPC.

Os principais pontos a serem considerados nesta caracterização são:

- a obtenção de vazões nos pontos de controle;
- a disponibilidade e o horizonte de previsão;
- a metodologia e processo adotados na obtenção das vazões previstas; e
- a compatibilização dos valores.

2.2.1.1 Vazões nos pontos de controle

Nos casos em que o ponto de controle é o próprio aproveitamento, a vazão é a obtida pelo acompanhamento da operação, porém, se o ponto é distante do aproveitamento a vazão no ponto deve ser informada pelo agente de geração responsável pela restrição de vazão máxima. A vazão considerada na caracterização é a vazão natural. O ONS, através dos procedimentos de acompanhamento da operação, reconstituirá a vazão natural nos pontos de aproveitamentos hidrelétricos. Quanto aos pontos de controle a jusante dos aproveitamentos hidrelétricos, para fins de reconstituição de vazão natural, o ONS deverá receber do agente responsável pela restrição de vazão máxima as informações de nível e vazão no ponto de controle, além da informação de tempo de traslado da água entre o seu aproveitamento hidrelétrico e o ponto de controle.

As referidas informações deverão ser definidas e enviadas ao ONS nos processos para a elaboração do Programa Diário de Defluências (PDF).

2.2.1.2 Vazões previstas

O horizonte de previsão é ajustável a cada bacia/trecho, podendo variar de algumas horas até vários dias. São adotados horizontes cujas previsões apresentem confiabilidade.

A metodologia e o processo adotados na previsão devem ser de conhecimento mútuo entre o ONS e os agentes de geração, de forma a permitir uma avaliação da qualidade da previsão obtida. Tanto o ONS quanto os agentes deverão informar, mediante solicitação da outra parte, as bacias operadas, a rede de postos utilizada, o sistema e a frequência de coleta de dados, a metodologia básica e/ou modelos utilizados, a previsão de chuva considerada (se utilizar) e outras informações relevantes.

Deve-se buscar a compatibilização dos valores previstos, porém em caso de divergência prevalece a previsão de maior severidade.

2.2.2 Ocupação de volumes de espera dos reservatórios

Para os sistemas de reservatórios independentes para controle de cheias constituídos de um único reservatório de regularização, a ocupação dos volumes de espera dos reservatórios fica caracterizada quando os volumes vazios disponíveis são inferiores aos volumes de espera estabelecidos no Plano Anual de Prevenção de Cheias – PAPC.

Para os sistemas de reservatórios interdependentes para controle de cheias, a ocupação dos volumes de espera dos reservatórios fica caracterizada quando os tempos de recorrência proporcionados pelos volumes vazios disponíveis são inferiores aos tempos de recorrência recomendados no PAPC.

Nos reservatórios onde o controle de cheias não utiliza a metodologia de volumes de espera deve-se desconsiderar este item na caracterização das situações de operação.

2.2.3 Indicativo de violação das restrições hidráulicas de vazões máximas na bacia hidrográfica

O indicativo de violação das restrições hidráulicas de vazões máximas em um ponto de controle em uma bacia hidrográfica deve considerar:

- os estados de armazenamento dos reservatórios,
- as afluições, naturais e regularizadas, observadas e previstas a estes reservatórios; e
- as vazões incrementais, observadas e previstas, entre os reservatórios e os pontos de controle, caso a contribuição no trecho incremental seja relevante.

Os estados de armazenamento dos reservatórios devem ser considerados para atendimento à restrição imediatamente a jusante e às demais restrições situadas a jusante, caso existam. Para uma restrição cujo controle de cheias é executado por mais de um reservatório, o estado de armazenamento deverá ser avaliado através do tempo de recorrência, ou seja, se o mesmo está acima ou abaixo do valor recomendado no PAPC.

O indicativo de violação das restrições de vazões máximas será estabelecido de acordo com o estado de armazenamento dos reservatórios em relação aos volumes de espera e tempos de recorrência recomendados, avaliados para as condições presentes e futuras.

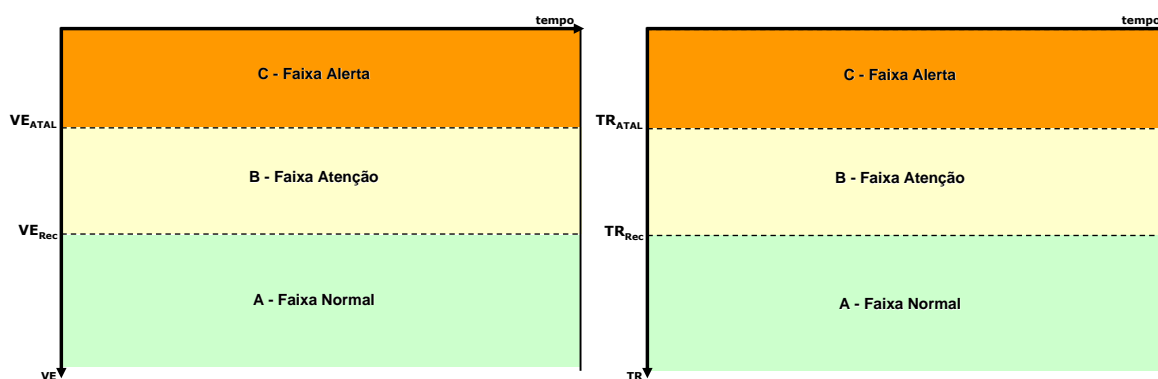
O estado de armazenamento presente será estabelecido a partir dos valores verificados, enquanto o estado futuro será obtido por simulação, a partir dos valores de armazenamento presente e das vazões afluentes e incrementais, observadas e previstas.

As vazões afluentes aos reservatórios e incrementais entre os reservatórios e os pontos de controle devem considerar o especificado no item 2.2.1.

2.3 Critérios gerais para a caracterização da situação de operação de controle de cheias

Tanto para os sistemas de reservatórios independentes quanto para os sistemas interdependentes deverão ser estabelecidas faixas de operação, a partir dos volumes de espera ou dos tempos de recorrência, para que, considerando-se a caracterização de cheia e o estado de armazenamento presente e futuro, se possa estabelecer a situação de operação. Neste sentido, além dos volumes de espera e tempos de recorrência recomendados no PAPC (VE_{Rec} e TR_{Rec} , respectivamente), deverão ser estabelecidos valores que definam as faixas de operação, para estabelecimento da situação de operação, de atenção e alerta (Figura-2) ao longo do período de controle de cheias. Cabe destacar que nesta análise entende-se por volumes de espera para controle de cheias os volumes vazios alocados nos reservatórios.

Figura 2 Faixas de operação para o estabelecimento das situações de operação



VE – Volume de espera
 VE_{Rec} – Volume de espera recomendado
 VE_{ATAL} – Volume de espera atenção-alerta

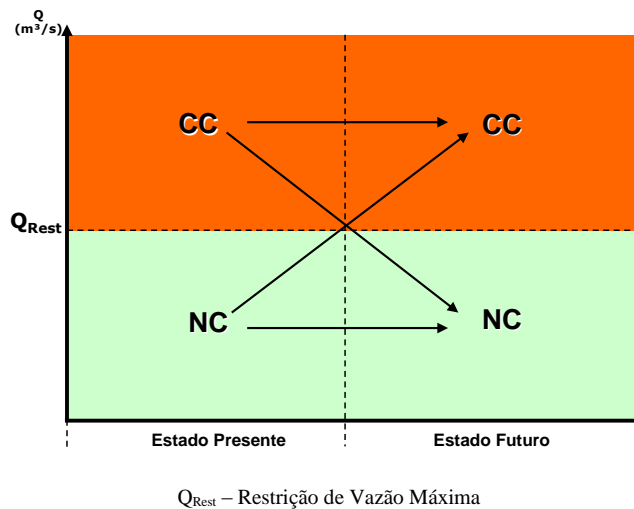
TR – Tempo de recorrência
 TR_{Rec} – Tempo de recorrência recomendado
 TR_{ATAL} – Tempo de recorrência atenção-alerta

A caracterização da cheia e a análise dos estados de armazenamento presente e futuro determinarão o indicativo de violação da restrição hidráulica de vazão máxima e, conseqüentemente, determinarão a situação de operação.

A caracterização da cheia se dará a partir dos critérios descritos no item 2.2.1, ou seja, a partir da análise entre as vazões verificadas (Estado Presente) e previstas (Estado Futuro) nos pontos de controle e as restrições de vazões máximas nestes mesmos pontos. Como apresentado na Figura-3, a seguir, consideraremos na análise a condição “NC” (Não-Cheia) para um estado de vazões inferiores à restrição de vazão máxima e a condição “CC” (Com-Cheia) para um estado de vazões superiores à esta restrição. Nesta mesma figura, são apresentadas

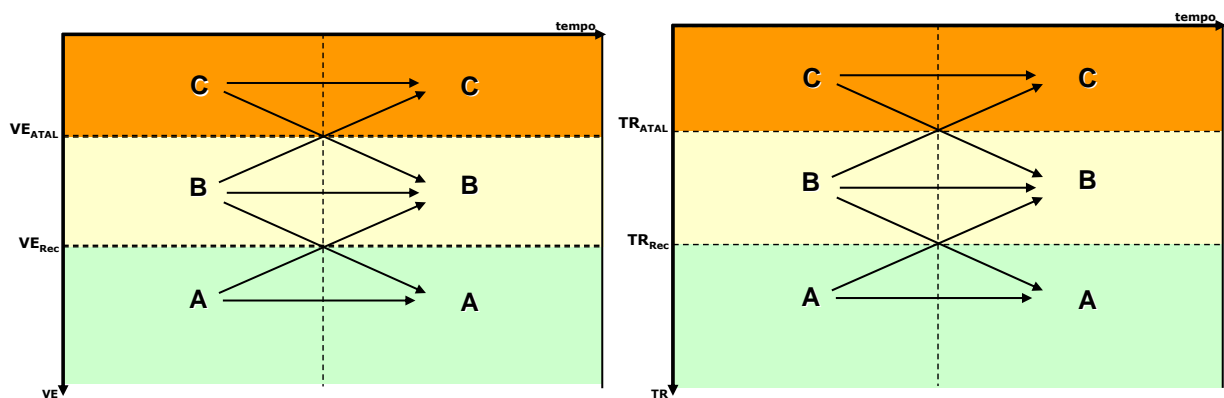
pelas setas as possibilidades de migração entre os estados presente e futuro de vazões.

Figura 3 Caracterização da cheia: estados presente e futuro



Analogamente, conforme apresentado na Figura-4, abaixo, também será considerada para a definição da situação de operação, a análise dos estados de armazenamento presente e futuro. Sendo: a condição “A” para um estado de armazenamento na faixa Normal para operação de controle de cheias, a condição “B” para um estado de armazenamento na faixa de Atenção e a condição “C” para um estado de armazenamento na faixa Alerta. Nesta mesma figura, são apresentadas pelas setas as possibilidades de migração entre os estados presente e futuro de armazenamento.

Figura 4 Caracterização dos estados de armazenamento



No quadro a seguir (Quadro 3), são apresentadas as situações de operação em função da caracterização da cheia e da análise do estado de armazenamento, ambas considerando os estados presente e futuro. Cabe destacar que, nas situações em que os Estados Presentes de Armazenamento são “B” e os Estados Futuros de Armazenamento são “A”, e nas situações em que os Estados Presentes de Armazenamento são “C” e os Estados Futuros de Armazenamento são “B”, apesar dos estados futuros possuírem uma situação de severidade menor que a dos estados presentes, as situações serão consideradas como “Atenção” e “Alerta”, respectivamente. Essas considerações têm como objetivo agregar um fator de segurança à caracterização da situação de operação, uma vez que poderão ocorrer erros nas vazões previstas que subestimem o estado de armazenamento futuro. Também cabe destacar que a condição NC-A, para Estado Presente, e NC-B, para Estado Futuro, apesar de indicar ocupação de volume de espera para o estado futuro, representa uma caracterização de situação Normal de operação, uma vez que esta caracterização (Normal) só considera o estado presente de ocupação de volume de espera.

Quadro 3 Situações de operação em função da caracterização da cheia e da análise do estado de armazenamento

Situação de Operação	Estado Presente		Estado Futuro	
	Vazões	Armazenamento	Vazões	Armazenamento
Normal	NC	A	NC	A
	NC	A	NC	B
Atenção	NC	B	NC	B
	NC	B	NC	A
	NC	A	CC	A
	NC	A	CC	B
	NC	B	CC	B
	NC	B	CC	A
	CC	A	NC	A
	CC	A	NC	B
	CC	B	NC	B
	CC	B	NC	A
	CC	A	CC	B
	CC	B	CC	B
Alerta	CC	B	CC	C
	CC	C	CC	B
	CC	C	CC	C

As condições para a caracterização da situação de operação em emergência não necessitam de uma definição prévia uma vez que estas condicionantes são definidas nos diagramas de emergência e variam de acordo com o armazenamento e a afluência verificados.

As situações dos reservatórios podem ser revistas semanalmente, diariamente e, para as bacias com tempo de tomada de decisão menor, para intervalos menores que um dia.

2.4 Procedimentos operativos gerais

2.4.1 Procedimentos prévios ao período de controle de cheias

Em caso dos reservatórios apresentarem volumes armazenados superiores aos correspondentes volumes de espera, no período que antecede ao de controle de cheias, a desocupação do volume de espera deverá ser feita com antecedência e de forma gradual, de modo a reduzir o risco de ocorrência de cheia artificial, durante esta operação.

2.4.2 Procedimentos para a situação de operação normal

- a) Em caso de não haver caracterização de cheia, dos reservatórios estarem com os volumes armazenados inferiores aos volumes definidos para o controle de cheias e de não haver indicativo de violação de restrição hidráulica de vazão máxima, deve-se atender aos requisitos hidráulicos de geração, ou seja, atender às defluências médias diárias e semanais consolidadas pelo ONS no Programa Diário de Defluências – PDF (Submódulo 8.1) e no Programa Mensal de Operação Energética – PMO (Submódulo 7.3), respectivamente;
- b) Quando os volumes armazenados forem iguais aos volumes definidos para o controle de cheias e não houver caracterização de cheia, o reservatório deve ser operado visando não ultrapassar o nível correspondente ao do volume de espera; e
- c) Em sistemas com mais de um reservatório para controle de cheias, sempre que a operação hidráulica programada implicar em impacto, energeticamente, indesejável, tal como a necessidade de verter em algum reservatório do sistema, os volumes de espera do sistema poderão ser revistos, através de avaliações pelas condições de controlabilidade, mediante o uso das ferramentas computacionais apropriadas para cada sistema de reservatórios.

2.4.3 Procedimentos para a situação de operação em atenção para controle de cheias

Nesta situação, onde há caracterização de cheia ou há ocupação de volume de espera e não há indicativo de violação de restrição hidráulica de vazão máxima, os reservatórios do sistema devem ser operados de acordo com as seguintes diretrizes:

- a) Quando há caracterização de cheia e ainda não há ocupação de volume de espera, o reservatório deve ser operado visando a manutenção da vazão no ponto de controle inferior ou igual ao valor de restrição de vazão máxima, com a ocupação gradativa do volume do reservatório até o nível correspondente ao do volume de espera; neste caso, as vazões defluentes poderão ser aumentadas desde os valores de vazões turbinadas para o valor

da restrição hidráulica de vazão máxima, através da utilização do Diagrama de Operação Normal/Atenção¹;

- b) Quando há ocupação de volume de espera mas não há mais caracterização de cheia, o reservatório deve ser operado visando ao retorno do nível ao valor correspondente ao do volume de espera, ou seja, deve-se liberar a vazão defluente igual ao valor da restrição hidráulica de vazão máxima até que o reservatório atinja o nível correspondente ao do volume de espera. Ao se aproximar do restabelecimento do volume de espera, a vazão defluente deve ser reduzida, progressivamente, para o valor da vazão afluyente, observando-se as taxas de variação máxima das vazões defluentes;
- c) Quando há caracterização de cheia e há ocupação de volume de espera a vazão defluente deve ser mantida igual ao valor de restrição hidráulica de vazão máxima. Esta operação proporcionará o amortecimento da onda de cheia e resultará na ocupação gradativa do volume de espera;
- d) Caso haja somente a ocupação parcial do volume de espera e tendo-se iniciado a sua desocupação, a vazão defluente deve ser mantida igual ao valor da restrição hidráulica de vazão máxima. Esta operação visa restabelecer, o mais prontamente possível, os volumes de espera definidos para o amortecimento da cheia.

2.4.4 Procedimentos para a situação de operação em alerta para controle de cheias

Nesta situação, onde há caracterização de cheia, há ocupação de volume de espera e há indicativo de violação da restrição hidráulica de vazão máxima, os reservatórios do sistema devem ser operados de acordo com as seguintes diretrizes:

- a) Quando o valor da vazão afluyente verificado, ou previsto, for superior ao valor de restrição hidráulica de vazão máxima, a vazão defluente deve ser mantida igual ao valor de restrição hidráulica de vazão máxima. Esta operação proporcionará o amortecimento da onda de cheia e resultará na ocupação gradativa do volume de espera. Havendo o indicativo de violação da restrição hidráulica de vazão máxima, devido à contínua ocupação dos volumes de

¹ Diagrama de operação Normal/Atenção

Este diagrama deve ser utilizado durante a transição da situação de operação normal para a situação de operação em atenção para controle de cheias. A partir de um estado de vazão natural afluyente e volume vazio disponível abaixo do nível correspondente ao volume de espera, o diagrama indica a vazão defluente mínima necessária para que o nível correspondente ao volume de espera não seja superado, antecipando desta forma o aumento das vazões defluentes, evitando uma brusca variação destas.

espera, haverá a conseqüente passagem da situação de operação em alerta para controle de cheias para a situação de operação em emergência para controle de cheias;

- b) Caso haja somente a ocupação parcial do volume de espera e tendo-se iniciado a sua desocupação, a vazão defluente deve ser mantida igual ao valor da restrição hidráulica de vazão máxima. Esta operação visa restabelecer, o mais prontamente possível, os volumes de espera definidos para o amortecimento da cheia;
- c) Ao se aproximar do restabelecimento do volume de espera, a vazão defluente deve ser reduzida, progressivamente, para o valor da vazão afluente, observando-se as taxas de variação máxima das vazões defluentes;
- d) Além destes procedimentos, deverão ser consultados os Diagramas de Operação em Emergência de cada sistema de reservatórios, subsistemas de reservatórios e reservatórios (ver texto em destaque).

2.4.5 Procedimentos para a situação de operação em emergência para controle de cheias

Nesta situação de operação, onde há caracterização de cheia, há ocupação de volume de espera e há violação da restrição hidráulica de vazão máxima, o Diagrama de Operação em Emergência² para controle de cheias ou os procedimentos internos do agente operador, específicos para esta situação, poderão ser utilizados. Esse diagrama indicará as vazões defluentes, superiores ao valor da restrição hidráulica, que deverão ser liberadas. Em reservatórios com restrição hidráulica de nível de montante, a situação de operação em emergência é caracterizada quando o remanso do reservatório atingir o nível de inundação estabelecido no ponto de controle, ou seja, quando houver violação da restrição hidráulica de nível máximo.

A consulta aos Diagramas de Operação em Emergência e a caracterização da situação de operação em emergência para controle de cheias são de responsabilidade do agente de geração, tendo em vista que a vazão afluente verificada ou prevista e os volumes vazios nos reservatórios são calculados pelos agentes de geração, para cada intervalo de decisão e ajustada à sua confiabilidade.

² Diagrama de operação em emergência

A partir de um estado de vazão natural afluente e volume vazio disponível entre os níveis correspondentes ao de volume armazenado e o de volume útil máximo normal, o diagrama indica a vazão defluente mínima necessária para que o nível máximo normal do reservatório não seja superado, preservando desta forma a segurança das estruturas do reservatório.

Há em alguns reservatórios um volume vazio do nível máximo normal, que é destinado a sobrecarga induzida do reservatório e que se ocupado, não compromete a segurança do reservatório. Nesses casos, este outro volume é denominado de volume de sobrecarga induzida, e é considerado no Diagrama de Operação em Emergência.

Em caso de serem utilizados os Diagramas de Operação em Emergência, os reservatórios do sistema devem ser operados de acordo com as seguintes diretrizes:

a) O Diagrama de Operação em Emergência deve ser consultado, em cada intervalo de decisão, com base na vazão afluyente verificada ou prevista e o nível do reservatório, no final desse intervalo, ou o correspondente percentual de volume útil. Esse diagrama indicará o valor da vazão defluyente que deve ser liberada no intervalo seguinte; e

b) Na operação em emergência para controle de cheias, em reservatórios sem indução de sobrecarga, quando o reservatório tiver atingido o nível máximo normal e as vazões afluyentes começarem a decrescer, a vazão defluyente deverá ser mantida igual à vazão afluyente, até que esta se torne igual à vazão máxima de restrição. Na sequência, deve-se manter a vazão defluyente igual à vazão máxima de restrição, para recuperar o volume de espera, de acordo com o procedimento "b" do item 2.4.3.

2.5 Declaração da situação de operação de controle de cheias

Segundo o Submódulo 9.4 dos Procedimentos de Rede do ONS – Estabelecimento das Regras para Operação de Controle de Cheias, a situação de operação é declarada pelo agente de geração responsável pelo reservatório e/ou pelo ONS, com base nas descrições apresentadas no Quadro 2 e respeitando os critérios estabelecidos no relatório de regras de controle de cheias para o sistema de reservatórios. Além disso, os agentes de geração poderão adotar critérios próprios para a caracterização das situações de operação de Alerta e Emergência, desde que sejam compatíveis com o estabelecido no Quadro 2.

Essa declaração é formalizada em formulário normatizado e disponibilizado pelo ONS, no qual deve estar explicitada a justificativa para a caracterização da situação de operação.

Ainda de acordo com o Submódulo 9.4, dependendo das características da bacia e do reservatório, como também em função do evento hidrológico, pode-se declarar a mudança de situação de operação sem obedecer à seqüência de evolução: Normal, Atenção, Alerta e Emergência, e vice-versa. Nesses casos pode-se mudar de uma situação para outra, sem passar pela situação de operação, a princípio, intermediária.

Em caso de coexistência de declarações distintas de situação de operação de reservatório pelo agente de geração responsável pelo reservatório e pelo ONS, prevalece a situação de maior severidade. A escala crescente de severidade corresponde à seqüência normal de evolução das situações de operação: Normal, Atenção, Alerta e Emergência.

Tanto o agente de geração responsável pelo reservatório quanto o ONS podem solicitar a alteração de uma situação de operação de reservatório declarada, ca-

so identifique incorreção na aplicação dos critérios estabelecidos neste relatório de regras de controle de cheias. O declarante retifica ou ratifica sua posição, e, em caso de ratificação, comunica a outra parte as justificativas para o não atendimento.

3 Aplicação da metodologia

Os estudos para o estabelecimento das regras de operação para o reservatório de Salto Santiago basearam-se nos volumes de espera, correspondentes aos tempos de recorrência recomendados pela Tractebel Energia, resultantes do estudo de prevenção de cheias e consolidados no *Plano Anual de Prevenção de Cheias – Ciclo 2010-2011*, assim como nas informações utilizadas naquele estudo, tais como as séries de vazões naturais afluentes e as restrições de vazões máximas. O Anexo III apresenta os volumes de espera a serem adotados na bacia do rio Iguaçu, de acordo com o cenário hidrológico a ser determinado segundo critérios apresentados no item 3.2. O Quadro 4 apresenta as restrições hidráulicas e o tempo de recorrência correspondente, utilizados no estudo.

As usinas GBM e GNB realizam, em conjunto, a operação de controle de cheias para a restrição de nível a montante do reservatório de GBM, nas cidades de União da Vitória e Porto União.

Quadro 4 Dados do Plano Anual de Prevenção de Cheias – Ciclo 2010/2011 – Bacia do rio Iguaçu

Aproveitamento	Restrição hidráulica	Tempo de recorrência indicado
GBM	Nível de montante, variável	-
SALTO SANTIAGO	19000 m ³ /s	250 anos

3.1 Sistemas de reservatórios

Os reservatórios das usinas GBM e GNB, pertencentes à COPEL, operam em conjunto para o controle de cheias, com o objetivo de evitar a influência do reservatório de GBM nos níveis de enchente das cidades de União da Vitória (PR) e Porto União (SC), localizados a montante. A metodologia de controle de cheias baseia-se no rebaixamento/recuperação do nível do reservatório da usina GBM a partir de vazões afluentes previstas, sem, no entanto, provocar cheia a jusante.

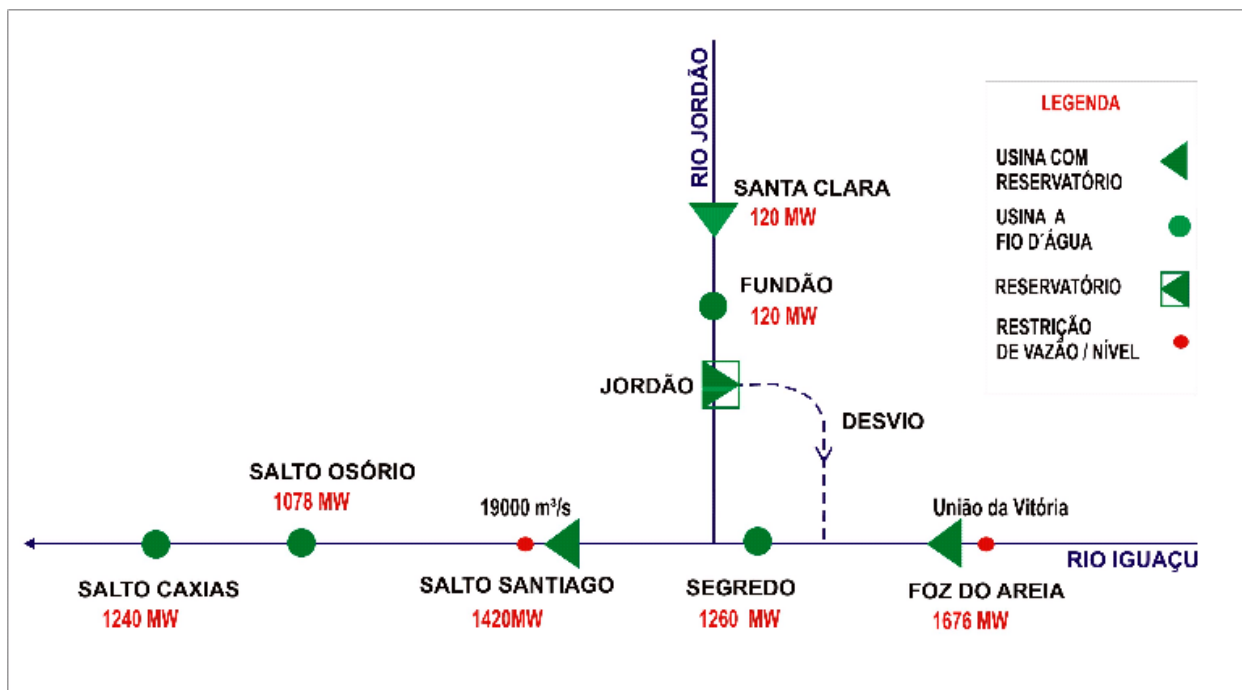
O reservatório da usina Salto Santiago, pertencente à Tractebel Energia realiza operação de controle de cheias para evitar a inundação da sua própria casa de força, na ocorrência de vazões defluentes superiores a 19000 m³/s. Neste reservatório é adotada a metodologia de controle de cheias descrita no Submódulo 9.3 dos Procedimentos de Rede.

O conjunto de reservatórios das usinas GBM, GNB e Salto Santiago constitui um sistema interdependente para controle de cheia na bacia do rio Iguaçu, pela

característica desses reservatórios terem a capacidade de influenciar ou de ser influenciado na proteção de locais sujeitos a restrição de vazão máxima, conforme o Submódulo 9.3 dos Procedimentos de Rede.

A Figura 5 apresenta um diagrama esquemático com a localização dos aproveitamentos hidrelétricos.

Figura 5 Diagrama esquemático do sistema de aproveitamentos da bacia do rio Iguaçu



3.2 Cenário Hidrológico

Para o controle de cheias no reservatório de Salto Santiago, a série histórica desta usina foi classificada em estações chuvosas de anos Úmidos, Secos e Normais, a partir de índices SOI *Non Standard* mensais apurados nos seguintes períodos antecedentes ao período chuvoso na região Sul, de maio a outubro:

- novembro a abril;
- dezembro a maio; e
- janeiro a junho

As estações chuvosas foram classificadas por dois índices de análise SOMASE (soma se) e o SOMAT (soma total) conforme foi apresentado no Plano Anual de Prevenção de Cheias – Ciclo 2010/2011.

A escolha dos índices SOMASE e SOMAT foi realizada por um processo de calibração a partir da série histórica de vazões naturais diárias Salto Santiago de 1951 a 2008. As vazões médias do período de controle de cheias (maio a

outubro) foram organizadas em ordem decrescente, de modo a permitir classificar os anos com vazões acima da média, dentro da média e abaixo da média.

O ano de 1951 foi considerado o início da série histórica de vazões devido a indisponibilidade de informações do índice SOI Non Standard anterior a esse ano.

Os valores dos índices calibrados para a bacia do rio Iguaçu são os seguintes:

- Estações chuvosas Úmidas:
SOMASE-Úmido = -0,7
SOMAT-Úmido = -10
- Estações chuvosas Secas:
SOMASE-Seco = +0,7
SOMAT-Seco = +10

A aplicação do critério acima com os índices SOI observados no período de novembro de 2010 a março de 2011 (NOV/2010: +2,4; DEZ/2010: +5,3; JAN/2011: +3,8; FEV/2011: +4,5; MAR/2011: +4,2) indica o cenário hidrológico **SECO** para o controle de cheias no reservatório Salto Santiago, para o ciclo 2010/2011.

3.3 Caracterização da situação de operação de controle de cheias

No controle de cheias da usina Salto Santiago, o critério do TRatal, indicado na metodologia para delimitar as situações de operação Atenção e Alerta foi adaptado, em vista a natureza da restrição hidráulica (inundação da casa de força da própria usina), o alto tempo de recorrência (250 anos) e alto valor da vazão de restrição (19.000 m³/s). Assim, as situações de operação de controle de cheias da usina Salto Santiago são caracterizadas da seguinte forma:

- **Normal:** enquanto a vazão afluente natural, verificada ou prevista, for inferior a 10.000 m³/s;
- **Atenção:** quando a vazão afluente natural, verificada ou prevista, estiver entre 10.000 m³/s e 15.000 m³/s;
- **Alerta:** quando a vazão afluente natural, verificada ou prevista, for superior a 15.000 m³/s.
- **Emergência:** quando a vazão afluente natural, verificada ou prevista, for superior a 19.000 m³/s ou há indicativo de violação da restrição hidráulica.

No controle de cheias do conjunto de reservatórios das usinas GBM e GNB, o critério para caracterizar a situação de operação de controle de cheias, apresen-

tada na metodologia, foi adaptado para a metodologia denominado “rebaixamento dinâmico”, seguinte forma:

- **Normal:** enquanto o nível do rio Iguaçu, no posto fluviométrico União da Vitória, estiver abaixo ou igual a 744,00 m;
- **Atenção:** quando o nível do rio Iguaçu, no posto fluviométrico União da Vitória, for superior a 744,00 m e o programa de operação hidráulica FASG não indicar necessidade de rebaixamento na usina GBM.
- **Alerta:** quando programa de operação hidráulica FASG indicar necessidade de rebaixamento na usina de GBM, devido à previsão de aumento da afluência a partir de níveis vigentes no reservatório de GBM e no posto fluviométrico União da Vitória;
- **Emergência:** quando o nível do rio Iguaçu, no posto fluviométrico União da Vitória, for igual ou superior a 744,50 m e há influência de remanso do reservatório da usina GBM e/ou o vertedouro da usina GNB estiver operando em lâmina livre.

3.4 Caracterização situação de operação no PDF e na Operação em Tempo Real

A situação de operação de controle de cheias nos reservatórios do sistema interdependente para controle de cheias na bacia do rio Iguaçu poderá ser declarada no âmbito da programação diária ou da operação em tempo real. Toda mudança de situação de operação deve ser formalizada com a emissão do formulário específico, de acordo com o Submódulo 9.4.

4 Procedimentos para operação de controle de cheias

4.1 Programa diário de defluências – PDF e sua consolidação – PDFc

No âmbito da programação diária, o PDF estabelece metas referenciais diárias para a operação hidráulica dos reservatórios de interesse energético para o SIN, contemplando a operação de controle de cheias.

O Centro de Operação do ONS, com base em informações atualizadas, consolida o Programa diário de defluências - PDF e emite o Programa diário de defluências consolidado - PDFc.

O PDF e o PDFc abrangem os seguintes aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio Iguaçu: GBM, GNB, Salto Santiago, Gov. José Richa, Santa Clara, Fundão e Desvio Jordão.

4.2 Procedimentos para operação de controle de cheias no conjunto GBM/GNB

O controle de cheias de montante, denominado “rebaixamento dinâmico”, realizado no reservatório de GBM, em conjunto com GNB, visa evitar o agravamento das enchentes nas cidades de União da Vitória e Porto União, em áreas situadas acima da cota de desapropriação.

4.2.1 Em situação de operação Normal no conjunto de reservatórios das usinas GBM e GNB

Na situação de operação Normal, a operação hidráulica das usinas GBM e GNB consistirá em, prioritariamente, atender aos requisitos energéticos.

4.2.2 Em situação de operação Atenção no conjunto de reservatório das usinas GBM e GNB

Na situação de operação Atenção para controle de cheias, a operação hidráulica das usinas GBM e GNB consistirá em, prioritariamente, atender aos requisitos energéticos e avaliar o estado do sistema de reservatórios situados a jusante.

4.2.3 Em Situação de operação Alerta no conjunto de reservatório das usinas GBM e GNB

A operação de rebaixamento dinâmico no reservatório da usina GBM, abaixo do seu nível máximo operativo normal de 742,00 m, é realizada com base no volume de água em trânsito na bacia a montante da usina GBM, estimado pela aplicação de modelos de previsão de vazões. Este procedimento consiste na liberação de vazões superiores às vazões afluentes, porém limitadas às vazões máximas naturais previstas na usina GNB, pelos modelos de previsão disponíveis. Essa operação é, ainda, limitada pela taxa máxima de variação de defluência, descrita no Anexo I e pela situação hidrometeorológica da bacia a jusante.

O remanso do reservatório da usina GBM é estabelecido pelas curvas de descarga apresentadas no Anexo II e Anexo VII.

Durante as cheias, a usina GNB utilizará volume vazio do seu reservatório para amortecer os efeitos dos rebaixamentos da usina GBM. Excepcionalmente, a usina GNB poderá realizar operações com sobrecarga-induzida, que consiste em utilizar o volume situado entre o nível máximo operativo normal (607,00m) e o nível máximo maximorum (608,00m). A COPEL demonstrou através de simulações com a “cheia de projeto” que o nível máximo maximorum não é ultrapassado, com esta operação.

Portanto, a aplicação da metodologia de controle de cheias na usina GBM está condicionada à capacidade de amortecimento, pelo reservatório da usina GNB, do volume descarregado pela usina GBM, ao estado dos reservatórios de jusante e à condição hidrometeorológica favorável da bacia hidrográfica.

O Anexo VII apresenta o algoritmo do modelo de simulação FASG, utilizado pela COPEL para determinar as vazões defluentes de usina GBM e usina GNB, a cada intervalo de decisão.

4.2.4 Em situação de operação Emergência no conjunto de reservatório das usinas GBM e GNB

Nesta situação, a operação hidráulica das usinas GBM e GNB consistirá em maximizar a vazão defluente, em conformidade com a coordenação sistêmica da cascata de reservatórios da bacia do rio Iguaçu, pelo ONS.

4.3 Procedimentos para operação de controle de cheias do reservatório de Salto Santiago

O controle de cheias da usina Salto Santiago é devido à restrição hidráulica relativa à inundação da sua casa de força, para vazões defluentes superiores a 19.000 m³/s. O Anexo III apresenta volumes de espera nulos no reservatório Salto Santiago para o controle de cheias no ciclo 2010/2011, devido a caracterização do cenário hidrológico seco.

4.3.1 Em situação de operação Normal no reservatório de Salto Santiago

A operação hidráulica da usina Salto Santiago, em situação de operação Normal, consistirá em, prioritariamente, atender aos requisitos energéticos enquanto a vazão afluente natural, prevista ou verificada, for inferior a 10.000 m³/s.

4.3.2 Em situação de operação Atenção no reservatório de Salto Santiago

Nesta situação, a operação hidráulica da usina Salto Santiago consistirá em, prioritariamente, atender aos requisitos energéticos. Enquanto a vazão afluente natural, prevista ou verificada (a maior) estiver entre 10.000 m³/s e 15.000 m³/s, o Diagrama de Operação Normal, apresentado em forma de tabela no Anexo IV, poderá ser utilizado a partir de valores de vazão afluente natural prevista ou verificada (a maior) e do volume do reservatório. Esse diagrama permite antecipar aumentos na defluência para evitar variações bruscas para jusante. O nível máximo operativo normal deverá ser preservado, visando à segurança do próprio aproveitamento, até a abertura total das comportas.

4.3.3 Em situação de operação Alerta no reservatório de Salto Santiago

Na situação de operação Alerta para controle de cheias, a operação hidráulica da usina Salto Santiago consistirá em preservar a segurança do próprio aproveitamento, laminando a vazão afluente até 19.000 m³/s, preservando o nível máximo normal de operação, de 506,00 m. Nesta situação, a Tractebel Energia implementará o seu plano de contingências específico para esta situação.

4.3.4 Situação de operação Emergência no reservatório de Salto Santiago

Quando houver indicativo da vazão afluente tornar-se igual ou superior a vazão de restrição hidráulica de 19000 m³/s e o nível do reservatório encontrar-se abaixo do seu nível máximo operativo normal, a Tractebel Energia poderá utilizar o Diagrama de operação em emergência, apresentado em forma de tabela no Anexo V, a partir dos valores de vazão afluente natural prevista ou verificada e do volume do reservatório. Esse diagrama permite antecipar aumentos na defluência para evitar variações bruscas para jusante. O nível máximo operativo normal deverá ser preservado, visando à segurança do próprio aproveitamento, até a abertura total das comportas.

Após a violação da restrição hidráulica, quando a vazão afluente ao reservatório de Salto Santiago começar a diminuir, deve-se iniciar o restabelecimento do seu nível inicial (nível máximo normal de operação ou nível correspondente ao volume de espera). Para isso, deve-se manter a última composição de abertura das comportas do vertedouro, permitindo que a vazão defluente reduza até 19000 m³/s, com o deplecionamento do reservatório. Na seqüência, deve-se manobrar as comportas, sucessivamente, para manter a defluência no valor da vazão de restrição hidráulica, de 19000 m³/s, até a recuperação do nível máximo normal de operação ou do nível correspondente ao volume de espera.

5 Perda de comunicação

Caracteriza-se, também, a situação de operação **Emergência**, quando ocorrer a perda de comunicação entre qualquer uma das seguintes áreas: a Usina, o Centro de Operação do Agente, o Centro de Operação do ONS. Nessa situação, as decisões operativas ficam sob a responsabilidade direta da usina que deverá adotar os procedimentos operativos específicos, definidos previamente, para a segurança do próprio aproveitamento.

6 Coordenação operacional do controle de cheias

A coordenação operacional do controle de cheias da bacia do rio Iguaçu será exercida pelo ONS, através do seu Centro de Operação Regional Sul - COSR-S. As áreas de hidrologia do ONS, da COPEL e da Tractebel Energia deverão manter contato para trocar informações e subsidiar a operação em tempo real.

As ações para a operação de controle de cheias, de responsabilidade do ONS, da COPEL e da Tractebel Energia, deverão estar de acordo com as Normas e Instruções de Operação de reservatórios da bacia do rio Iguaçu, previstas nos Procedimentos de Rede e atender ao Programa Diário de Operação - PDO.

7 Procedimentos operativos para situação de cheias na área de confluência dos rios Paraná e Iguaçu

A confluência dos rios Paraná, Iguaçu e Acaray situa-se na fronteira do Brasil, Paraguai e Argentina, a montante do posto fluviométrico R-11. Esta região está sujeita a restrições impostas por acordos internacionais, como o Acordo Tripartite firmado por estes três países. Nesta região há áreas críticas sujeitas a inundações, como a usina de Acaray e os bairros ribeirinhos em ambas as margens.

O atendimento às restrições hidráulicas decorrentes do Acordo Tripartite é de responsabilidade da ITAIPU BINACIONAL, no que depender da operação da usina de Itaipu. Para tanto, esta empresa realiza um monitoramento sistemático das condições hidrológicas na bacia do rio Paraná e da operação hidráulica dos aproveitamentos situados nesta bacia.

Em situação de cheia ou expectativa de ocorrência de cheia na área de confluência, a ITAIPU BINACIONAL, se necessário, interagirá com o ONS/CNOS, que por sua vez fará gestão com as coordenações operacionais de controle de cheias das bacias do rio Paraná e do rio Iguaçu, para efetivar ações de auxílio à operação hidráulica da usina Itaipu.

As informações sobre a operação dos aproveitamentos do rio Iguaçu e sobre as condições hidrológicas da bacia serão fornecidas a ITAIPU BINACIONAL, pelo ONS/CNOS. Objetivando informar sobre as condições hidrológicas na área de confluência, a ITAIPU BINACIONAL disponibiliza ao ONS/CNOS os dados relativos a operação hidráulica das usinas de Itaipu e de Acaray, além de dados de postos hidrométricos de sua rede.

8 Sistema de informação

O Centro de Operação Regional Sul - COSR-S deverá comunicar-se com a COPEL e a Tractebel Energia, para trocar informações e receber dados operativos hidráulicos das usinas, com discretização horária e em intervalos regulares de acordo com Rotina Operacional específica, adequando os meios de comunicação.

As áreas de hidrologia dos Agentes de Geração e do ONS deverão trocar informações necessárias para subsidiar as usinas e aos centros de operação. O COSR-S deverá coordenar a realização de teleconferência com participação das Áreas de Hidrologia e Programação do ONS (GPD e NSUL), das Áreas de Pré-Operação dos Centros de Operação do ONS e dos Agentes de Geração envolvidos, visando à troca de informações e análise da operação dos sistemas de reservatórios para controle de cheias da Bacia do rio Iguaçu, conforme Rotina Operacional específica.

Em complemento aos procedimentos de comunicação via voz, vigente, a troca de informações entre o ONS e as empresas COPEL e Tractebel Energia será fei-

ta por transferência de arquivos, através da INTERNET, a ser especificada nas Instruções de Operação.

As usinas e as grandezas envolvidas nessa comunicação estão apresentadas no quadro 5.

Quadro 5 Locais e dados a transmitir

EMPRESA INFORMANTE	LOCAL	DADOS
COPEL	GBM	níveis de montante e jusante vazões afluente, turbinada, vertida e defluente total manobras de comportas
	GNB	níveis de montante e jusante vazões afluente, turbinada, vertida e defluente total manobras de comportas
	SANTA CLARA	níveis de montante e jusante vazões afluente, turbinada, vertida e defluente total
	FUNDÃO	níveis de montante e jusante vazões afluente, turbinada, vertida e defluente total
	DESVIO JORDÃO	níveis de montante vazões afluente, turbinada, vertida, derivada e defluente
	GJR	níveis de montante e jusante vazões afluente, turbinada, vertida e defluente total manobras de comportas
	P.F. União da Vitória P. F. Porto Vitória	Nível e vazão do rio Iguaçu Nível e vazão do rio Iguaçu
	TRACTEBEL ENERGIA	SALTO SANTIAGO
SALTO OSÓRIO		níveis de montante e jusante vazões afluente, turbinada, vertida e defluente total manobras de comportas

Referências bibliográficas

CEHPAR, (2002), Projeto HG-175 - Estudo de Revisão do Comportamento Hidráulico do Rio Iguaçu no Trecho entre União da Vitória e Foz do Areia.

CEPEL, (1997), Incorporação de Tendências Macro-Climáticas na Operação de Controle de Cheias, Rio de Janeiro.

COPEL, (1984), Atualização dos Estudos Hidrológicos da Usina Hidrelétrica de Segredo, Curitiba.

COPEL, (1985), Influência do Reservatório de Foz do Areia sobre Níveis de Enchentes em União da Vitória - Revisão e Atualização - DVHI - 04/85.

ELETROSUL, (1993), STHIO-02/93, Pesquisa de Período Menos Suscetível a Ocorrência de Cheia em Salto Santiago, Florianópolis.

ONS (2008), Critérios para caracterização de situações de operação de controle de cheias, ONS NT 3/070/2008, julho 2008.

ONS, (2009), RE 3/039/2011 - "Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos – Revisão 1 de 2011".

ONS, (2010), RE 3/070/2010 – "Diretrizes para as Regras de Operação de Controle de Cheias – Bacia do rio Iguaçu (Ciclo 2009-2010)".

ONS, (2010), RE 3/182/2010 – "Diretrizes para as Regras de Operação de Controle de Cheias – Bacia do Rio Paraná até Porto São José (Ciclo 2010/2011)".

ONS RE 3/158/2010 – Plano Anual de Prevenção de Cheias – Ciclo 2010-2011- editado em agosto de 2010.

Artigo: Revisão do comportamento hidráulico do rio Iguaçu na região de União da Vitória e seu impacto na operação hidráulica de reservatório de Foz do Areia e Segredo.

ANEXO I Restrições hidráulicas

- a) As restrições hidráulicas são o conjunto de limitações impostas à operação plena dos reservatórios e órgãos de descarga dos aproveitamentos hidrelétricos. As restrições relativas a níveis de reservatório são denominadas Restrições de montante e as relativas às vazões defluentes da usina são denominadas Restrições de jusante.

As restrições hidráulicas estão formalizadas no “Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos – Revisão 1 de 2011” - RE 3/039/2011 e nos formulários FSAR-H encaminhados pelos agentes posteriormente.

- b) As taxas máximas de variação da defluência constituem-se em Informações Operativas Relevantes, que são variações máximas na defluência de uma usina, recomendadas para evitar danos à jusante provocados por oscilações bruscas na vazão. Essas taxas são estabelecidas em unidade de m³/s/hora. Essas taxas máximas de variação da vazão defluente foram estabelecidas pelos agentes para a aplicação das metodologias de controle de cheias nesta bacia.

Os valores de taxas máximas de variação da defluência, apresentados na tabela abaixo, devem ser considerados como referências, tendo em vista que foram obtidos a partir do histórico de vazões naturais afluentes. Durante a operação em tempo real, caso se verifique variações na vazão afluente natural à usina maiores que as taxas referenciais de variação das defluências estabelecidas, essa taxa verificada poderá ser adotada para implementar as defluências.

Para as usinas da bacia do rio Iguaçu as restrições operativas (RO) e as taxas máximas de variação da defluência são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 Restrições Operativas (RO) e Informações Operativas Relevantes (IOR)

Aproveitamentos	Restrições Operativas		Informação Operativa Relevante
	montante (m)	jusante (m³/s)	Taxa máxima de variação de defluência (m³/s/hora) (4)
GBM	(1)	-	$QD < 2000 \rightarrow 600$ $QD > 2000 \rightarrow 1000$
GNB	-	-	$QD < 2000 \rightarrow 400$ $QD > 2000 \rightarrow 700$
SALTO SANTIAGO	-	19.000 (2)	$QD < 2000 \rightarrow 600$ $QD > 2000 \rightarrow 1000$
SALTO OSÓRIO	-	-	$QD < 2000 \rightarrow 600$ $QD > 2000 \rightarrow 1000$
GJR	-	30.000 (3)	$QD < 2000 \rightarrow 600$ $QD > 2000 \rightarrow 1000$

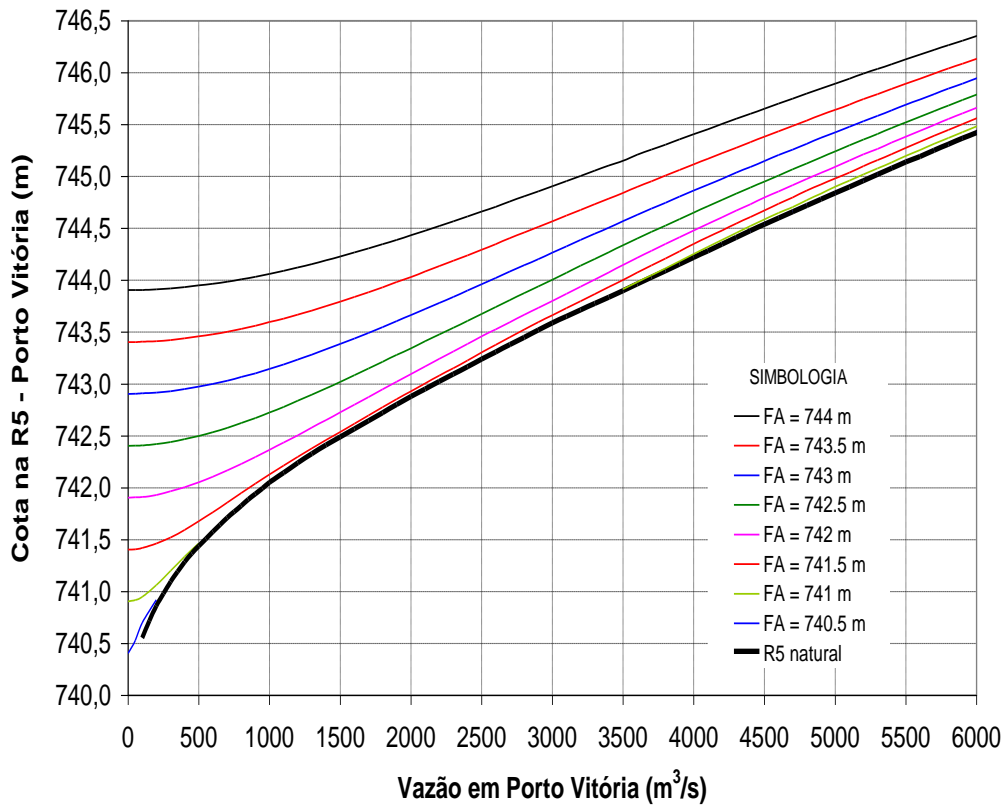
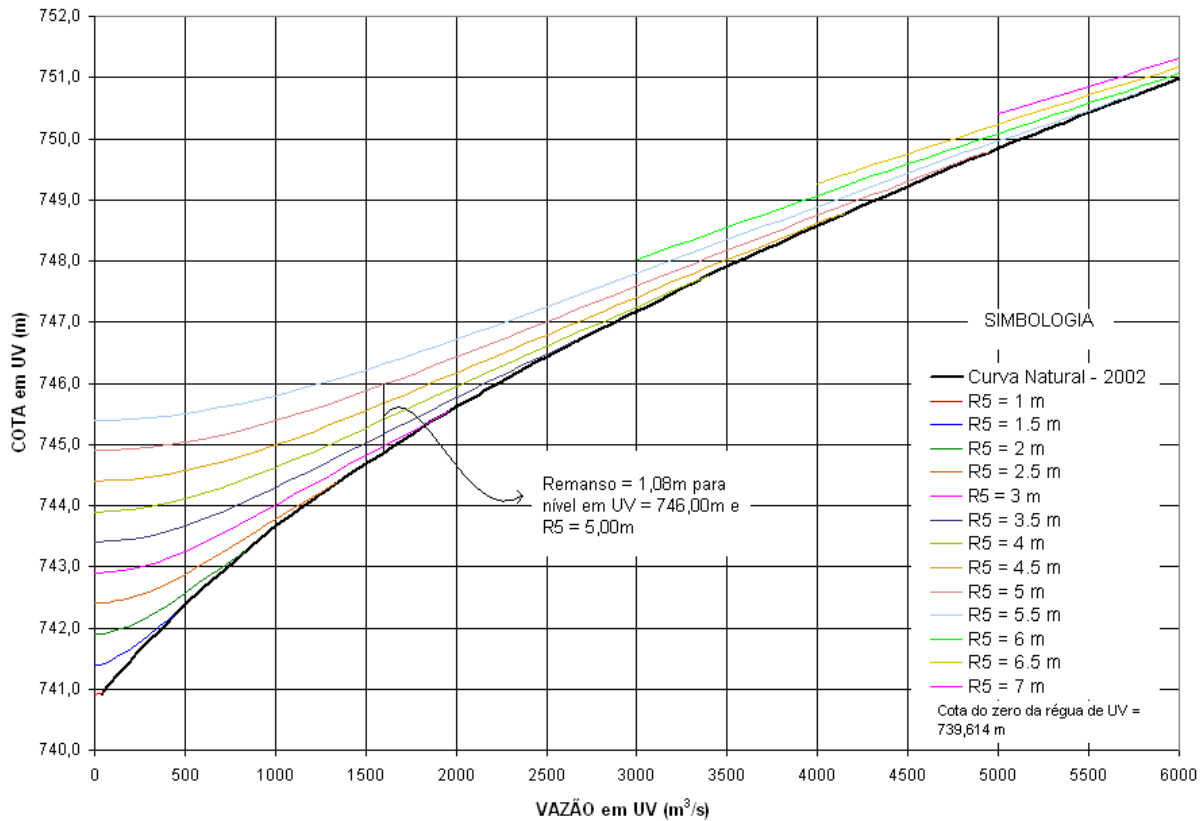
(1) Restrição hidráulica relativa a influência do remanso do reservatório da usina GBM no nível do rio Iguaçu em União da Vitória (PR) e Porto União (SC).

(2) Restrição hidráulica relativa a casa de força da usina Salto Santiago.

(3) Restrição hidráulica relativa a ponte rodoviária a jusante da UHE Salto Caxias.

4) Informação Operativa Relevante: Taxa máxima de variação da defluência (QD: vazão defluente atual em m³/s).

ANEXO II Curvas de descarga em União da Vitória e Porto Vitória



Obs.: Nível do zero da régua de Porto Vitória é 739,901m.

ANEXO III Volumes de espera em Salto Santiago

Volumes de espera para controle de cheias em Salto Santiago – período abril/2011 a julho/2011

Período	Salto Santiago (TR 250 anos)	
	Cenário Seco	
	Volume de Espera (km ³)	Armazenamento (% VU)
30/04/2011 a 06/05/2011	0	100
07/05/2011 a 13/05/2011	0	100
14/05/2011 a 20/05/2011	0	100
21/05/2011 a 26/05/2011	0	100
27/05/2011 a 03/06/2011	0	100
04/06/2011 a 10/06/2011	0	100
11/06/2011 a 17/06/2011	0	100
18/06/2011 a 24/06/2011	0	100
25/06/2011 a 01/07/2011	0	100
02/07/2011 a 08/07/2011	0	100
09/07/2011 a 15/07/2011	0	100
16/07/2011 a 22/07/2011	0	100
23/07/2011 a 29/07/2011	0	100

ANEXO IV Diagrama de operação Normal de Salto Santiago

DIAGRAMA DE OPERAÇÃO NORMAL
Volume de Espera 0 km³

% VOL	VAZOES AFLUENTES									
UTIL	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000	
100.00	9994	10993	11994	12990	13987	14991	16000	16993	17990	
99.50	8272	9185	10102	11022	11945	12871	13800	14730	15663	
99.00	7588	8465	9348	10235	11126	12022	12920	13822	14727	
98.50	7077	7926	8782	9644	10511	11383	12259	13138	14022	
98.00	6655	7481	8314	9155	10001	10853	11710	12571	13436	
97.50	6290	7096	7909	8731	9559	10393	11233	12078	12927	
97.00	5966	6753	7549	8353	9165	9983	10807	11637	12472	
96.50	5673	6442	7222	8010	8807	9611	10421	11237	12058	
96.00	5405	6158	6922	7695	8478	9268	10065	10868	11677	
95.50	5156	5894	6644	7403	8172	8950	9734	10526	11323	
95.00	4925	5648	6384	7131	7887	8652	9425	10205	10991	
94.50	4707	5417	6140	6874	7619	8372	9134	9903	10679	
94.00	4503	5199	5910	6632	7365	8107	8858	9617	10383	
93.50	4309	4993	5691	6402	7124	7856	8596	9345	10101	
93.00	4125	4797	5484	6183	6895	7616	8347	9086	9833	
92.50	3950	4610	5286	5975	6675	7387	8108	8838	9576	
92.00	3783	4432	5096	5775	6466	7168	7880	8601	9330	
91.50	3624	4261	4915	5583	6264	6957	7660	8372	9093	
91.00	3471	4097	4741	5399	6071	6754	7448	8152	8865	
90.50	3324	3939	4573	5222	5884	6559	7245	7940	8645	
90.00	3182	3788	4411	5051	5705	6371	7048	7735	8432	
89.50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
89.00	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
88.50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
88.00	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
87.50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
87.00	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
86.50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
86.00	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
85.50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
85.00	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
84.50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
84.00	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
83.50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
83.00	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
82.50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	
82.00	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	

ANEXO V Diagrama de operação em emergência de Salto Santiago

DIAGRAMA DE OPERACAO EM EMERGÊNCIA
RESERVATORIO DE S.SANTIAGO

% VOL	VAZOES AFLUENTES									
	UTIL	:19000	:19500	:20000	:20500	:21000	:21500	:22000	:22500	:23000
100.00	:	19500	20000	20500	21000	21500	22000	22500	23000	:
99.90	:	19500	20000	20500	21000	21500	22000	22500	23000	:
99.80	:	:	:	:	19388	19869	20350	20831	21312	:
99.70	:	:	:	:	19032	19508	19985	20462	20939	:
99.60	:	:	:	:	:	19206	19679	20152	20626	:
99.50	:	:	:	:	:	:	19411	19881	20351	:
99.40	:	:	:	:	:	:	19169	19637	20104	:
99.30	:	:	:	:	:	:	:	19413	19878	:
99.20	:	:	:	:	:	:	:	19205	19668	:
99.10	:	:	:	:	:	:	:	19011	19471	:
99.00	:	:	:	:	:	:	:	:	19286	:
98.90	:	:	:	:	:	:	:	:	19110	:
98.80	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
98.70	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
98.60	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
98.50	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
98.40	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
98.30	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
98.20	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
98.10	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
98.00	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
97.90	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
97.80	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
97.70	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
97.60	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
97.50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
97.40	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
97.30	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
97.20	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
97.10	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
97.00	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
96.90	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
96.80	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
96.70	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
96.60	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
96.50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
96.40	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

obs: I) vazio indica defluência menor ou igual a restrição

ANEXO VI Diagrama de operação normal do sistema equivalente da usina GBM + usina GNB

SISTEMA EQUIVALENTE GBM + GNB ==> DIAGRAMA DE OPERACAO NORMAL
 PERIODO : 03/05/2011 A 31/10/2011 VE = 0.0 KM3
 VOL: 3,500 A 4,180 (10E9 M3)
 AFLUENCIA: 0 A 15000 (M3/S)
 VAZAO NATURAL AFLUENTE (M3/S)

VOL (KM3)	VOL VAZIO (KM3)	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000	VOL VAZIO (KM3)	VOL (KM3)	
3,500	0,688									4	220	513	854	1232	1641	2076	2532	0,688	3,500	
3,520	0,668									43	285	593	946	1336	1754	2199	2664	0,668	3,520	
3,540	0,648									91	354	677	1043	1443	1872	2326	2800	0,648	3,540	
3,560	0,628									146	428	765	1143	1554	1994	2456	2941	0,628	3,560	
3,580	0,608									207	506	857	1248	1670	2119	2591	3084	0,608	3,580	
3,600	0,588								30	273	589	954	1356	1789	2249	2731	3233	0,588	3,600	
3,620	0,568								77	344	676	1054	1469	1913	2383	2875	3386	0,568	3,620	
3,640	0,548								132	420	768	1159	1586	2042	2521	3023	3544	0,548	3,640	
3,660	0,528								194	501	864	1269	1708	2174	2666	3177	3707	0,528	3,660	
3,680	0,508							18	261	587	965	1384	1834	2312	2814	3336	3875	0,508	3,680	
3,700	0,488							63	335	679	1071	1503	1966	2456	2968	3500	4050	0,488	3,700	
3,720	0,468							118	414	774	1183	1628	2104	2605	3127	3670	4229	0,468	3,720	
3,740	0,448							181	498	877	1300	1758	2246	2759	3293	3846	4415	0,448	3,740	
3,760	0,428						6	251	589	985	1422	1894	2395	2920	3465	4028	4608	0,428	3,760	
3,780	0,408						50	327	686	1098	1551	2037	2550	3087	3644	4218	4807	0,408	3,780	
3,800	0,388						105	409	788	1217	1686	2185	2712	3261	3829	4415	5015	0,388	3,800	
3,820	0,368						169	499	897	1343	1827	2342	2881	3442	4022	4619	5230	0,368	3,820	
3,840	0,348						241	596	1014	1477	1976	2505	3058	3631	4224	4832	5454	0,348	3,840	
3,860	0,328					36	321	700	1137	1618	2133	2676	3243	3830	4434	5054	5688	0,328	3,860	
3,880	0,308					91	410	811	1269	1767	2298	2856	3437	4037	4654	5287	5932	0,308	3,880	
3,900	0,288					158	507	932	1408	1924	2472	3046	3641	4255	4885	5530	6187	0,288	3,900	
3,920	0,268					234	612	1061	1558	2092	2657	3246	3856	4484	5128	5785	6456	0,268	3,920	
3,940	0,248				22	320	727	1199	1717	2270	2852	3457	4083	4726	5383	6054	6737	0,248	3,940	
3,960	0,228				77	418	853	1348	1887	2460	3060	3683	4323	4982	5654	6339	7035	0,228	3,960	
3,980	0,208				148	526	990	1510	2070	2664	3282	3922	4580	5253	5940	6639	7349	0,208	3,980	
4,000	0,188				231	647	1139	1685	2268	2881	3520	4178	4853	5543	6245	6960	7684	0,188	4,000	
4,020	0,168			8	329	780	1303	1875	2482	3118	3776	4453	5146	5854	6573	7303	8043	0,168	4,020	
4,040	0,148			65	441	930	1484	2083	2715	3374	4054	4751	5463	6189	6926	7673	8429	0,148	4,040	
4,060	0,128			142	571	1099	1686	2314	2973	3655	4358	5077	5810	6555	7310	8075	8848	0,128	4,060	
4,080	0,108			241	722	1290	1912	2571	3258	3968	4695	5437	6192	6958	7733	8517	9309	0,108	4,080	
4,100	0,088			363	898	1510	2170	2864	3581	4319	5073	5841	6619	7409	8206	9011	9823	0,088	4,100	
4,120	0,068			54	515	1109	1770	2471	3202	3955	4724	5509	6305	7110	7925	8747	9576	10411	0,068	4,120
4,140	0,048			155	709	1371	2087	2837	3611	4403	5210	6029	6858	7695	8539	9389	10246	11107	0,048	4,140
4,160	0,028			312	976	1719	2502	3312	4139	4981	5833	6696	7564	8440	9321	10207	11098	11992	0,028	4,160
4,180	0,008			602	1423	2287	3170	4069	4977	5892	6814	7740	8670	9604	10540	11480	12421	13364	0,008	4,180

OBS: I) - OS ESPACOS EM BRANCO INDICAM QUE NAO HA' NECESSIDADE DE DEFLUENCIAS PARA CONTROLE DE CHEIAS.
 II) * - VAZOS DEFLUENTES IGUAIS OU MAIORES QUE A VAZAO DE RESTRICAO (UTILIZAR REGRAS DE OPERACAO NORMAL).
 III) X - ATINGIDO O VOLUME DE ESPERA DO RESERVATORIO EQUIVALENTE (UTILIZAR AS REGRAS DE OPERACAO NORMAL).

ANEXO VII Método de Rebaixamento e Recuperação de Foz do Areia

Para minimizar o risco de influência (remanso) do reservatório no local da restrição de montante (cidades de União da Vitória e Porto União) é necessário rebaixar o reservatório o máximo possível antes da ocorrência do pico da cheia. Com cheias pequenas e médias, as mais freqüentes, um pequeno rebaixamento até o nível 741,50 m já evitaria o remanso. Para cheias maiores o reservatório poderá voltar a elevar-se por insuficiência de capacidade de descarga do vertedor, o que justifica a maximização do rebaixamento, já que é impossível prever a magnitude de uma cheia no Iguaçu para horizontes acima de dois dias, pois dependem de previsões meteorológicas.

Naturalmente este rebaixamento é condicionado pela situação dos reservatórios e das restrições a jusante, e pela necessidade de otimização energética, ou seja, o reservatório deverá estar cheio quando cessar o vertimento ao final da cheia, de modo a não haver perda de regularização que penalize a produção energética. Aplicando a metodologia detalhada na seqüência, é quase nula a probabilidade dessas perdas.

O rebaixamento do reservatório é baseado na estimativa do volume d'água em trânsito na bacia a montante do reservatório, que exceda a necessidade de turbinamento futuro, o qual seria vertido de qualquer forma. Com o emprego do método, adiantam-se estes vertimentos, causando um rebaixamento do reservatório a partir do nível 742,00 m, ou interrompe-se o reenchimento do volume útil, dependendo do nível de partida no início da cheia.

Devido à falta de homogeneidade das precipitações, e à diversidade das características físicas entre a bacia a montante de União da Vitória e a jusante (até a barragem), devido ao grande aumento de declividade, na avaliação do volume excedente utilizam-se duas hipóteses: 1ª) considerando a bacia a montante de União da Vitória; e, 2ª) considerando toda a bacia a montante de Foz do Areia. Estas duas avaliações resultam em volumes excedentes diferentes, sendo tomado o maior para a determinação da operação do reservatório, resultando uma operação mais segura quanto ao remanso.

Considerando a bacia a montante de União da Vitória (1ª hipótese) temos na Figura 1 o hidrograma previsto. Até o máximo de 48 horas à frente (pontos B, C, D e

E espaçados de 12 horas) o hidrograma é previsto através de modelo estatístico auto-regressivo, que utiliza as últimas informações de vazão do posto fluviométrico de União da Vitória. Apesar do modelo ser o melhor disponível até o horizonte de 48 horas, para horizontes maiores, os resultados vão se tornando imprecisos e não podem mais ser utilizados. A partir deste ponto o hidrograma futuro é completado pela "curva de recessão crítica em União Vitória". Tal curva foi construída a partir das recessões mais críticas de todo o histórico de vazões, de modo que nenhuma recessão histórica apresenta volumes d'água inferiores a ela. Um outro método utilizado a partir das 48 horas é o hidrograma previsto por modelos de transformação chuva-vazão a partir de hipótese de precipitação nula no futuro. Desta forma, o hidrograma assim composto tende a subavaliar o volume afluente futuro, característica que dá maior segurança para a recuperação total do reservatório ao final da cheia.

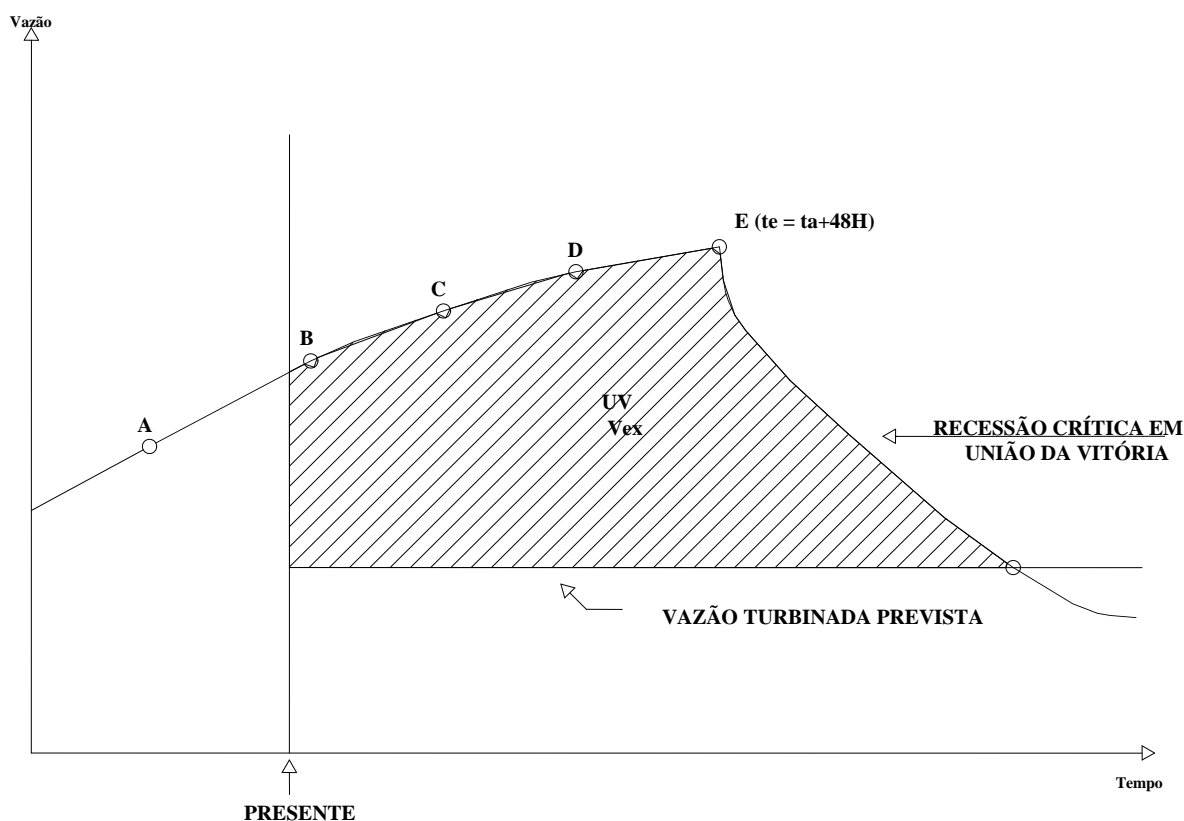


Figura 1 : Hidrograma para estimativa do volume excedente a montante de União da Vitória

Ainda na Figura 1, se considerarmos uma previsão de vazão turbinada constante ou média, o volume da cheia correspondente à área hachurada (V_{ex}^{UV}) é o volume excedente mínimo que poderá ser vertido no futuro sem prejudicar a operação

energética. Isto equivale a afirmar que se o reservatório estivesse com um volume vazio correspondente a V_{ex}^{UV} ele poderia ser totalmente recuperado no futuro se fosse mantida uma defluência igual à vazão turbinada prevista, sem portanto afetar sua produção energética. Assim, a meta para o rebaixamento corresponde a igualar o volume vazio no reservatório ao volume excedente, o que é feito através de uma defluência calculada pela seguinte expressão:

$$D_{FA}^{UV} = \frac{V_{ex}^{UV} - V_v}{\Delta t_{reb}} + Q_{FA} \dots\dots\dots (1)$$

- onde:

V_v : Volume vazio real em FA;

Δt_{reb} : Intervalo de tempo de rebaixamento ou recuperação;

Q_{FA} : Vazão afluyente prevista em FA.

- note-se que Δt_{reb} é o intervalo ao final do qual se deseja atingir a condição de equilíbrio com $V_v = V_{ex}^{UV}$, o que ocorrerá se a vazão afluyente coincidir com a prevista. Quanto menor este intervalo de tempo maiores serão as diferenças entre a vazão defluente e a afluyente a serem implementadas. Para níveis superiores a 741,00 m este intervalo é de 12 horas. Entre 740,00 m e 741,00 m é de 24 horas. Abaixo de 740,00 m é de 48 h. Esta diferenciação faz com que, após rapidamente conseguido um rebaixamento inicial de 0,50 m, as variações e o aumento de defluência em relação à afluência se tornem menores.

A expressão 1 aplica-se tanto para o rebaixamento, quando V_{ex}^{UV} será maior que o volume vazio V_v , como na recuperação, quando ocorre o inverso. Estas condições já estão implícitas na expressão (1) que fornece uma vazão defluente maior ou menor que a prevista (Q_{FA}), conforme o caso.

Pelo 2º critério, isto é, considerando toda a bacia a montante de Foz do Areia, o hidrograma previsto considera que no próximo intervalo de tempo de operação (Δt até o ponto A do hidrograma da Figura 2), a vazão afluyente em Foz do Areia será igual à registrada no intervalo anterior, e a partir daí, utiliza-se uma "recessão crítica em Foz do Areia", analogamente ao que foi feito para União da Vitória. Em Foz do Areia os

modelos de previsão fornecem resultados mais instáveis e em horizonte de tempo muito limitado, razão pela qual adotou-se a previsão somente até o ponto A, como explicitado acima. O volume excedente é avaliado como no 1º critério (União da Vitória) e a expressão para a vazão defluente de Foz do Areia é em tudo análoga à 1:

$$D_{FA}^{FA} = \frac{V_{ex}^{FA} - V_V}{\Delta t_{reb}} + Q_{FA} \dots\dots\dots(2)$$

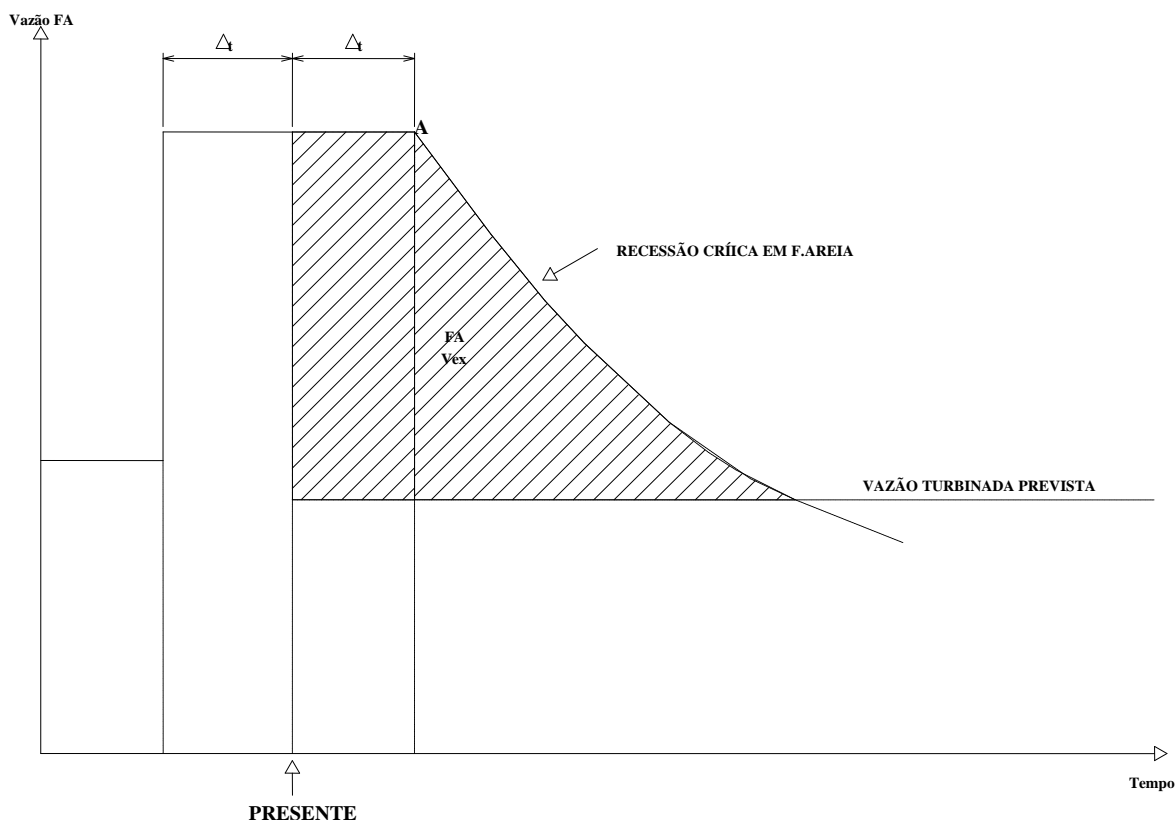


Figura 2 - hidrograma para estimativa do volume excedente a montante de Foz do Areia

Dependendo da formação da cheia, se proveniente da parte a montante de União da Vitória, ou com contribuição mais forte da bacia entre União da Vitória e Foz do Areia, a defluência D_{FA}^{UV} será maior ou menor que D_{FA}^{FA} . Escolhe-se a maior das duas para ser implementada, isto é, considera-se a maior estimativa para o volume excedente entre os dois critérios, de modo a maximizar a segurança para a restrição de montante, causando maior rebaixamento e recuperando mais lentamente. Esta vazão defluente escolhida para o rebaixamento em FA será designada por D'_{FA} .

Diagrama de Operação de Segredo

Este diagrama é utilizado na fase de enchimento dos reservatórios de Foz do Areia e Segredo, que geralmente ocorre no início das cheias. Faz com que as operações de aumento de defluência sejam antecipadas com base na previsão dos volumes afluentes, permitindo um enchimento mais gradual do volume vazio dos reservatórios e variações menores das vazões defluentes ao final do enchimento, quando as vazões defluentes devem ficar próximas das afluências, de modo a atender ao controle de nível dos reservatórios.

A Figura 3 ilustra a obtenção das defluências do "reservatório equivalente em Segredo", que é um reservatório hipotético composto pela soma dos volumes dos reservatórios a montante, neste caso Foz do Areia e Segredo, situando-se no local do último reservatório considerado. A vazão afluente utilizada é a natural, que ocorreria se não houvesse a influência do armazenamento no reservatório de montante (Foz do Areia). O hidrograma a esquerda do ponto A (presente) é suposto conhecido. A partir de "A" considera-se que ocorra a "recessão crítica", construída a partir das recessões mais pronunciadas do histórico, de forma a permitir a avaliação do volume mínimo afluente no futuro. A vazão defluente do reservatório equivalente é a máxima vazão para a qual ainda é possível encher o volume vazio restante considerando a ocorrência da "recessão crítica". Na figura 3 a área hachurada entre a curva de "recessão crítica" e a vazão defluente corresponde ao volume vazio no "reservatório equivalente" (V_{RE}). Numericamente calcula-se uma vazão defluente que atenda a condição acima. A partir do "presente" (ponto A) a vazão defluente calculada garante que os volumes vazios dos reservatórios a montante serão totalmente preenchidos, pois qualquer afluência futura será superior ou igual às vazões da "recessão crítica". A vazão defluente calculada poderá ser superior à vazão turbinada e exigir vertimentos antes do enchimento total, mas nessa situação os reservatórios podem ser considerados como virtualmente cheios. Caso este método não fosse adotado, haveria situações em que os reservatórios seriam enchidos com altas vazões afluentes e com vazões defluentes iguais às turbinadas. Quando os níveis máximos normais fossem atingidos seriam necessários grandes e rápidos aumentos de vazão vertida para controlar os níveis, dificultando o atendimento às limitações impostas pelas taxas de variação de defluência.

Aumentos abruptos de vazão, em geral, são pouco desejáveis para as áreas situadas a jusante e a metodologia empregada reduz esta necessidade. Outro efeito obtido é o de preservar mais o volume vazio para o futuro, com mais chance de ser preenchido durante o pico de cheia, proporcionando algum abatimento do mesmo. Uma propriedade deste método é que a vazão defluente é sempre inferior ou igual à afluência, não causando aumento das vazões a jusante em relação à afluência natural. A defluência do reservatório equivalente calculada pelo "Diagrama de Operação" será designado por D'_{SG} .

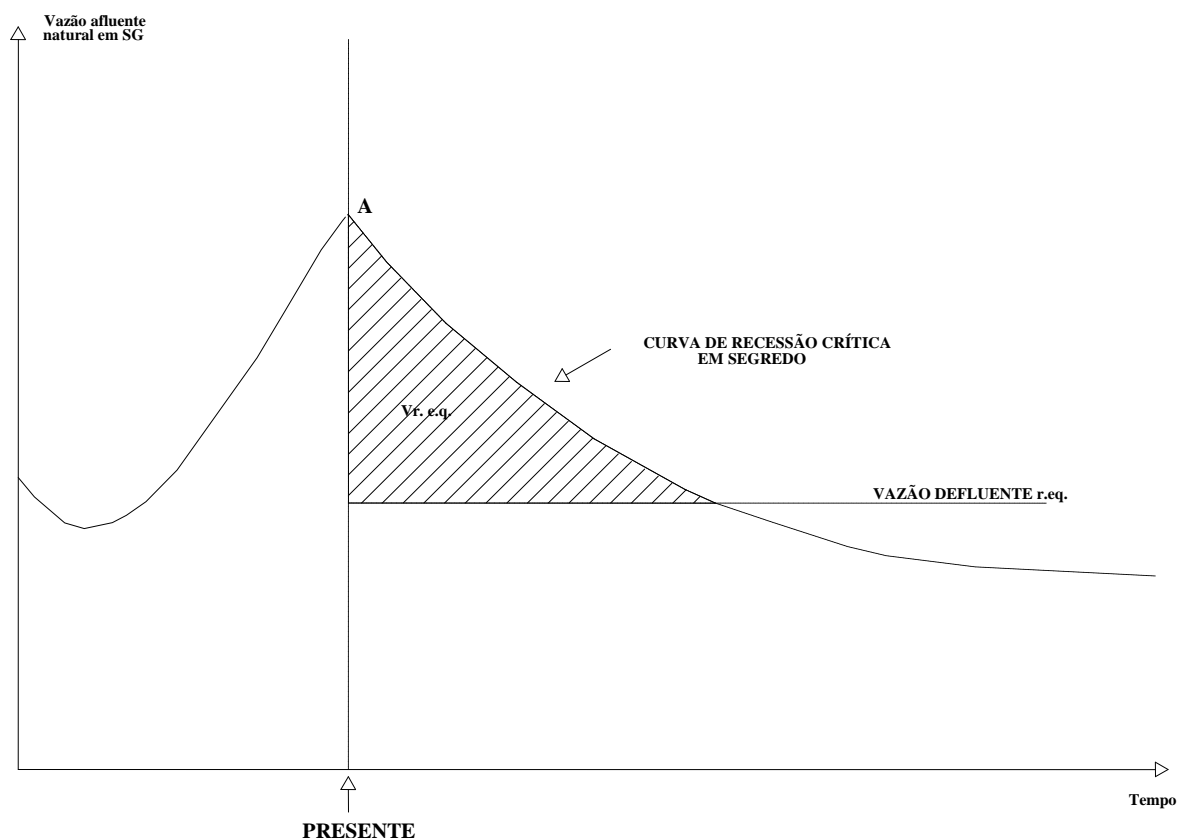


Figura 3: Hidrograma para cálculo da vazão defluente do reservatório equivalente FA-SG

Operação Integrada do Sistema Foz do Areia e Segredo

As defluências dos dois reservatórios são decididas em conjunto, satisfazendo a exigência física de continuidade (conservação de massa), e as restrições impostas pela máxima vazão defluente a jusante do sistema FA-SG, além das taxas máximas de

variação de defluências nos dois locais. Neste contexto utiliza-se a metodologia de rebaixamento do reservatório de FA e o "diagrama de reservatório equivalente" em SG.

Na descrição dos algoritmos de determinação das vazões defluentes serão empregados os seguintes símbolos:

- Q - vazão afluyente natural;
- \hat{Q} - vazão afluyente natural prevista;
- N - nível d'água no reservatório;
- D - vazão defluente do reservatório;
- A - vazão afluyente regularizada;
- V - volume armazenado no reservatório;
- Δt - intervalo de tempo para correção do N.A.R.

Obs: O subscrito indica o local a que se refere a variável: FA para Foz do Areia, SG para Segredo e FA/SG para a bacia incremental entre as duas usinas.

Vazão defluente em Foz do Areia

Sejam:

D'_{FA} : defluência de FA considerando o método de rebaixamento e recuperação do reservatório descrito no item 4.

D''_{FA} : defluência máxima de FA considerando a limitação imposta à defluência de SG (máx $\hat{Q}_{SG} = \hat{Q}_{SG} + \Delta Q_{SG}$ é a máxima vazão afluyente natural prevista a SG, com ΔQ_{SG} fixado em função da previsão de vazão máxima), do controle de nível de SG em torno do nível máximo normal (607,00 m), e da vazão afluyente prevista na incremental FA - SG. Ou seja:

$$D''_{FA} = \text{máx} \left[\hat{Q}_{SG} + \frac{V_{SG}^* - V_{SG}}{\Delta t} - Q_{FA/SG} \right] \dots \dots \dots (4)$$

Onde V_{SG}^* é o volume correspondente ao nível máximo normal de SG, ou seja, o nível meta ou de controle.

A vazão defluente para controle do nível máximo é:

$$D_{FA}''' = \hat{Q}_{FA} + \frac{V_{FA} - V_{FA}^*}{\Delta t} \dots \dots \dots (5)$$

Onde:

V_{FA}^* é o volume correspondente ao nível meta ou de controle (742,00 m);

V_{FA} é o volume do reservatório no instante da decisão.

A decisão final de vazão defluente é dada pela seguinte regra:

$$D_{FA} = \text{mín} [\text{máx} (D_{FA}', D_{FA}'''), D_{FA}''] \dots \dots \dots (6)$$

Na primeira decisão escolhe-se o maior valor de vazão defluente entre a necessária para rebaixamento/recuperação do reservatório e aquela para correção do nível para o máximo normal. Na decisão final limita-se a defluência ao valor que é compatível com a defluência máxima a jusante do sistema.

Vazão Defluente em Segredo

Esta vazão é determinada levando em consideração a vazão defluente em FA (determinada previamente), a previsão de vazão na bacia incremental entre FA e SG, o controle de nível do reservatório, o "diagrama de reservatório equivalente em SG" (D_{SG}'), e a vazão defluente máxima prevista, considerada como limite.

A defluência para controle de nível é:

$$D_{SG}'' = D_{FA} + \hat{Q}_{FA/SG} + \frac{V_{SG} - V_{SG}^*}{\Delta t} \dots \dots \dots (7)$$

- onde $D_{FA} + \hat{Q}_{FA/SG}$ é a vazão afluyente média prevista para o intervalo de tempo Δt , composta da vazão defluente de FA acrescida da previsão de vazão incremental.

A decisão de defluência é dada pela seguinte regra:

$$D_{SG} = \text{mín}[\text{máx}(D'_{SG}, D''_{SG}), \text{máx}\hat{Q}_{SG}] \dots\dots\dots (8)$$

- i.e., toma-se a maior defluência entre a necessária para controle em torno do nível normal (D''_{SG}) e aquela proveniente do "diagrama de reservatório equivalente" (D'_{SG}), limitando-a ao valor da máxima vazão afluente prevista ($\text{máx}\hat{Q}_{SG}$). O critério empregado na previsão das vazões na bacia incremental FA-SG considera que a última vazão conhecida continue a ocorrer durante o próximo intervalo de tempo. Como em qualquer outro método de previsão, há um erro associado, que se reflete no controle do nível. Este erro é continuamente compensado no decorrer do tempo pelo último termo da expressão 7.

Todos os critérios e algoritmos apresentados constam do software FASG desenvolvido pela COPEL para operação em tempo real do sistema formado pelos reservatórios de Foz do Areia e Segredo. Foram exaustivamente testados em simulações numéricas em computador com as maiores cheias históricas (como as de 1983 e 1992) bem como com as cheias de projeto. O software ainda leva em conta detalhes da operação de tempo real como a consideração do programa de geração das usinas, para determinar as manobras de comportas a serem implementadas a cada intervalo de tempo de operação.

Lista de figuras e quadros

Figuras

Figura 1 Diagrama esquemático dos aproveitamentos localizados na bacia do rio Paraná	8
Figura 2 Faixas de operação para o estabelecimento das situações de operação	14
Figura 3 Caracterização da cheia: estados presente e futuro	15
Figura 4 Caracterização dos estados de armazenamento	15
Figura 5 Diagrama esquemático do sistema de aproveitamentos da bacia do rio Iguaçu	23

Quadros

Quadro 1 Principais características dos aproveitamentos da bacia do rio Iguaçu	7
Quadro 2 Caracterização das situações de operação dos sistemas de reservatórios, no período de controle de cheias	9
Quadro 3 Situações de operação em função da caracterização da cheia e da análise do estado de armazenamento	17
Quadro 4 Dados do Plano Anual de Prevenção de Cheias – Ciclo 2010/2011 – Bacia do rio Iguaçu	22
Quadro 5 Locais e dados a transmitir	30
Quadro 6 Restrições Operativas (RO) e Informações Operativas Relevantes (IOR)	33