

PCH PULO

PLANO DE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO

Outubro / 2018

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO:.....	3
2 - DESCRIÇÃO:.....	3
3 – PLANO DE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO	6
3.1 Geometria das Adufas e Estudo das Vazões Afluentes	6
3.2 Simulação do Enchimento do Reservatório	9
4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS:	12

1 - INTRODUÇÃO

O presente memorial tem por objetivo descrever e organizar as etapas e execuções do processo de enchimento do reservatório da PCH Pulo, bem como as etapas de fechamento das adufas de desvio.

2 - DESCRIÇÃO

O reservatório da PCH Pulo trabalha a fio d'água, ou seja, não tem a função de acumulação, somente de proporcionar condições para favorecer a captação e contribuir na queda aproveitada.

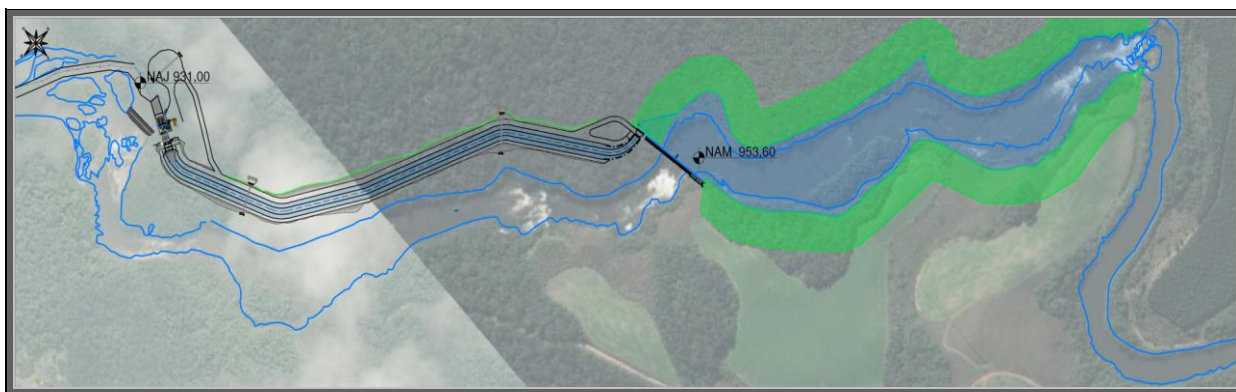


Figura 1 – Planta do lago da PCH Pulo

Suas principais características são apresentadas abaixo:

Nível d'água máximo normal:.....EL. 953,60 m
 Área de Lago.....8,40 ha
 Área efetivamente alagada.....2,93 ha
 Calha do rio5,47 ha
 Volume Morto.....0,239 .10⁶ m³
 Volume Útil.....0,000 .10⁶ m³
 Depleção.....0,00 m

cota	área	volume total	volume útil
m	ha	10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³
950,00	4,06	0,000	0,000
951,00	6,00	0,050	0,000
952,00	7,06	0,116	0,000
953,00	7,85	0,190	0,000
953,60	8,40	0,239	0,000
954,00	17,17	0,290	0,000
955,00	24,00	0,496	0,000
955,03	25,20	0,503	0,000
956,00	28,63	0,764	0,000

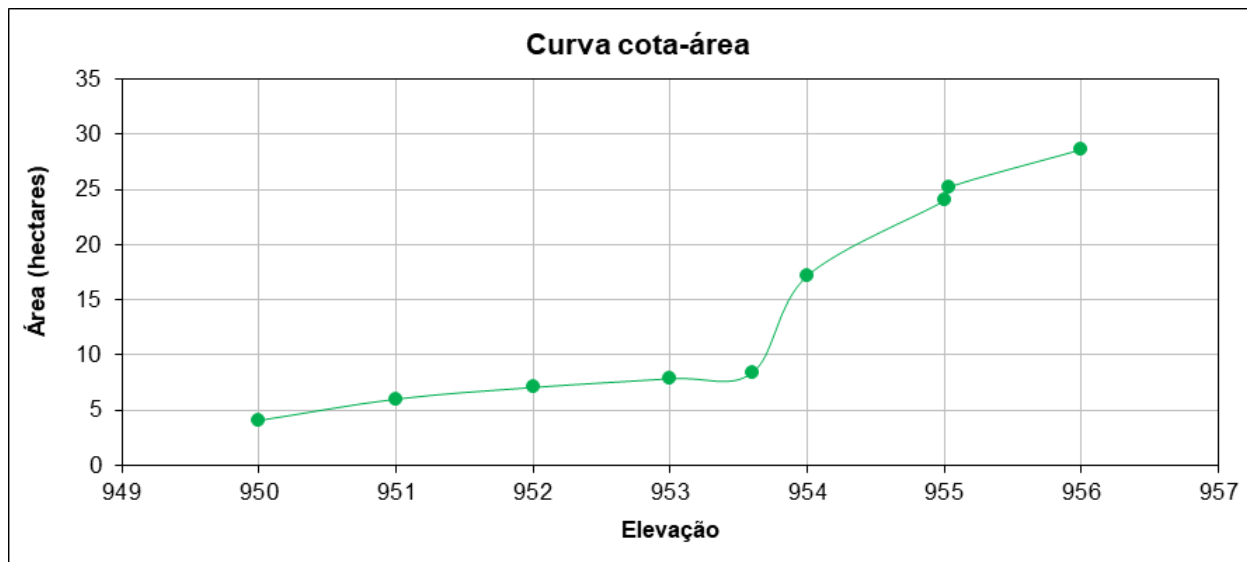


Figura 2 – Curva Cota-Área PCH Pulo

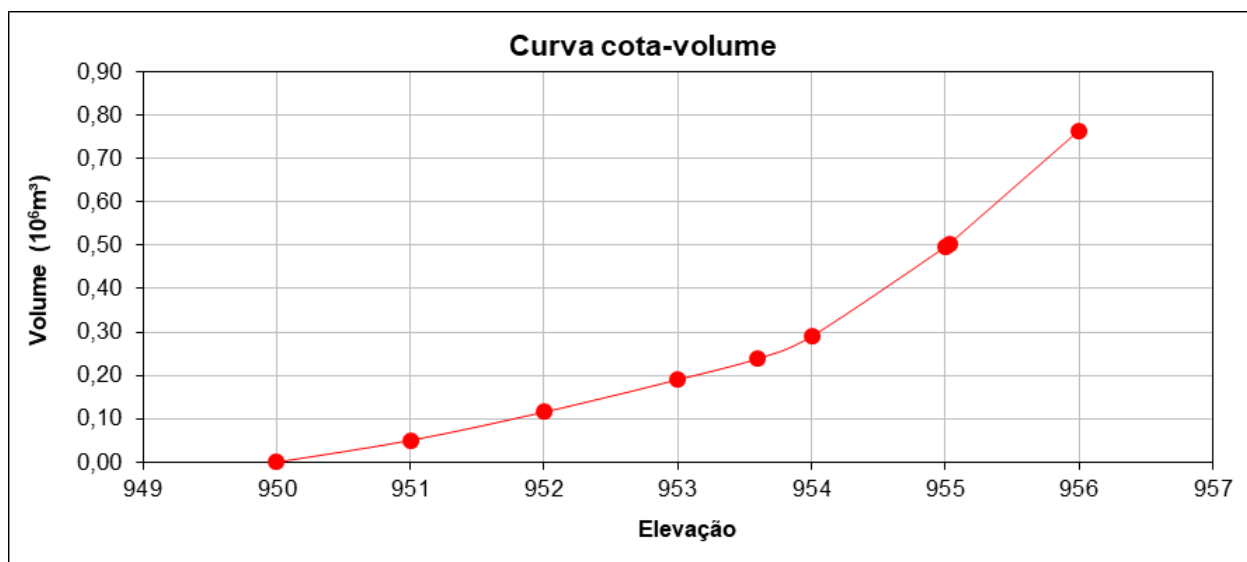


Figura 3 – Curva Cota-Volume PCH Pulo

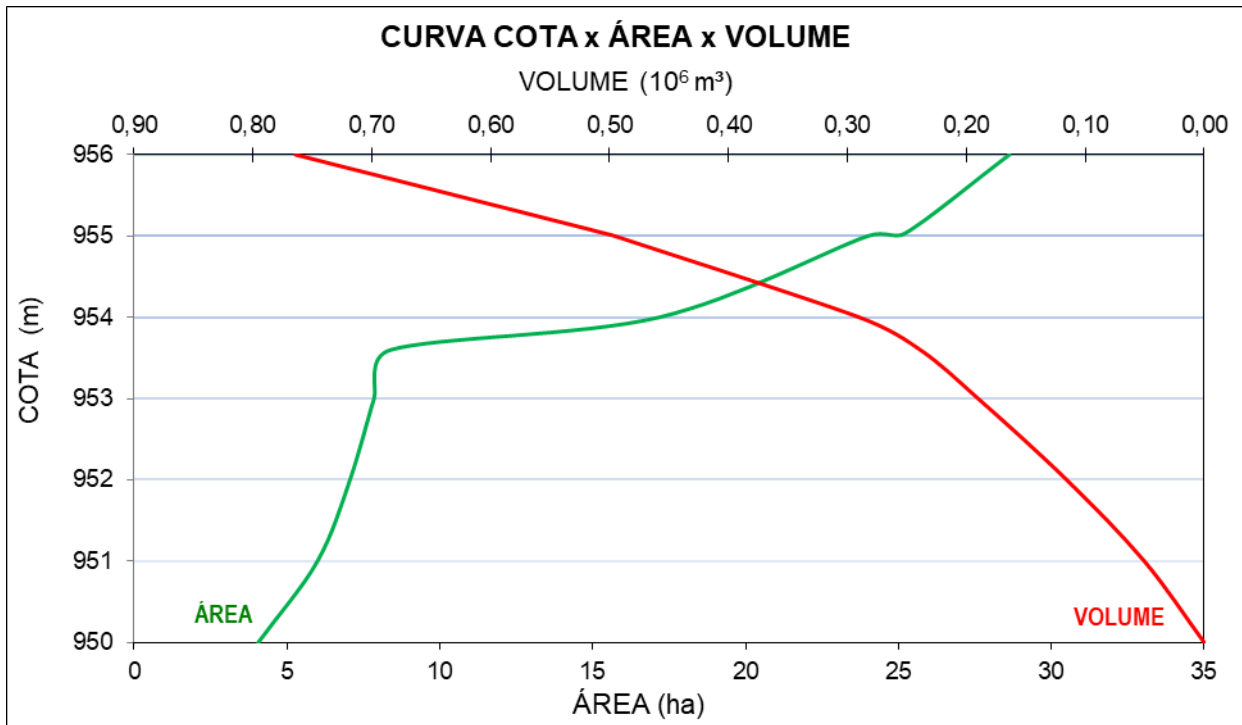


Figura 4 – Curva Cota-Área-Volume PCH Pulo

O lago será formado pela construção de uma barragem de concreto, cujo vertedor será controlado por 8 comportas basculantes, fechando margem a margem e formando o reservatório.

A altura máxima do reservatório será 4,80 m. Quanto ao desvio do rio, este será feito através de 6 vãos de adufas posicionadas na margem esquerda do rio Iapó.

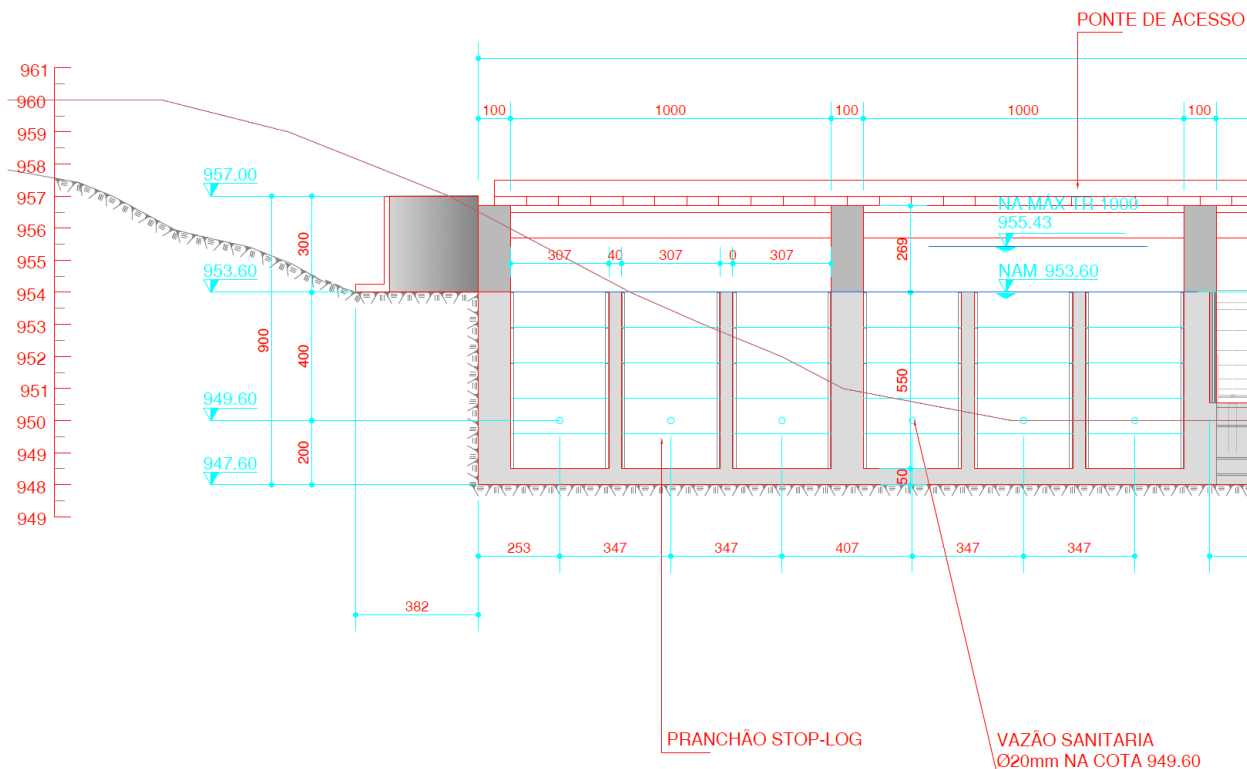


Figura 5 – Adufas de desvio PCH Pulo

3 – PLANO DE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO

3.1 Geometria das Adufas e Estudo das Vazões Afluentes

Considerou-se, para efeito de enchimento do reservatório, a vazão média de longo termo (Q_{MLT}) como vazão afluente do sistema. Esta vazão é de 32,60 m³/s.

O procedimento padrão para o lançamento dos pranchões stop log de concreto será o lançamento de cada pranchão, preferencialmente da direita para a esquerda, fechando as adufas progressivamente de baixo para cima, de forma a não interromper totalmente o fluxo de passagem nas adufas.

As figuras a seguir ilustram a progressão dos fechamentos das adufas:

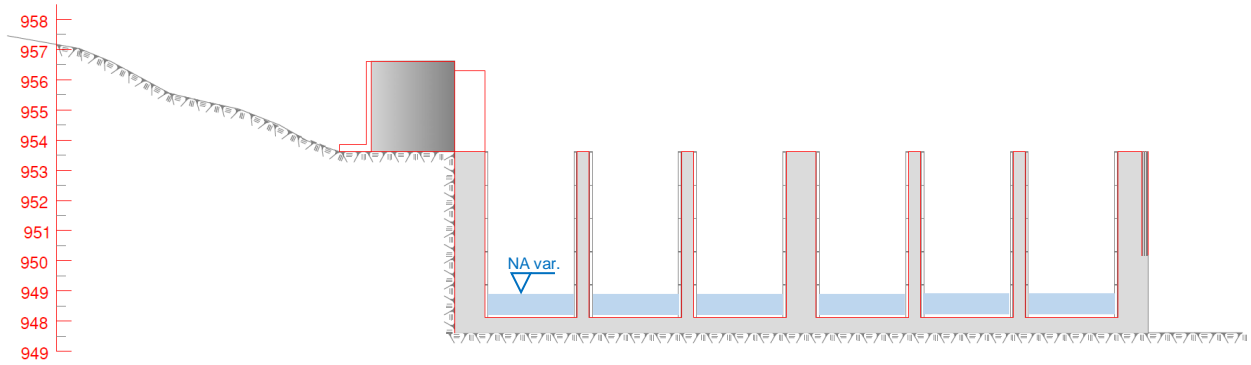


Figura 6 – Condição Inicial: sem pranchões, adufas 100% abertas

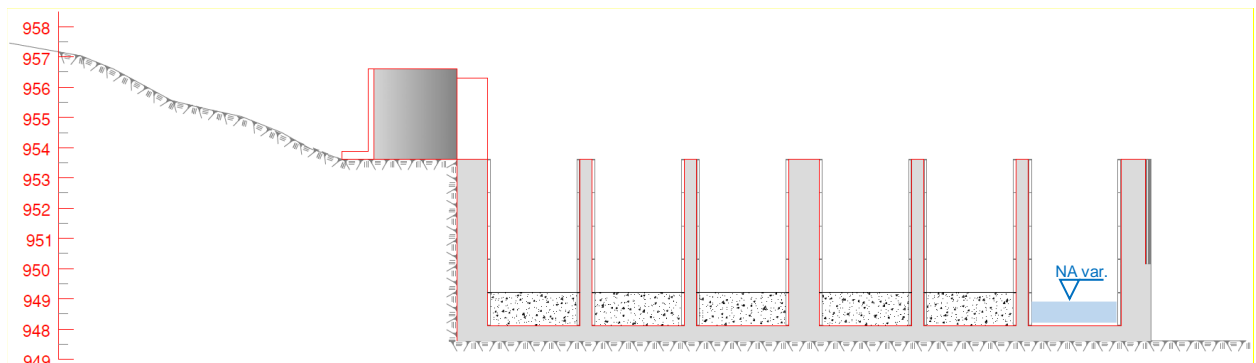


Figura 7 – Progressão iniciada: primeira fila de pranchões inseridas nas adufas

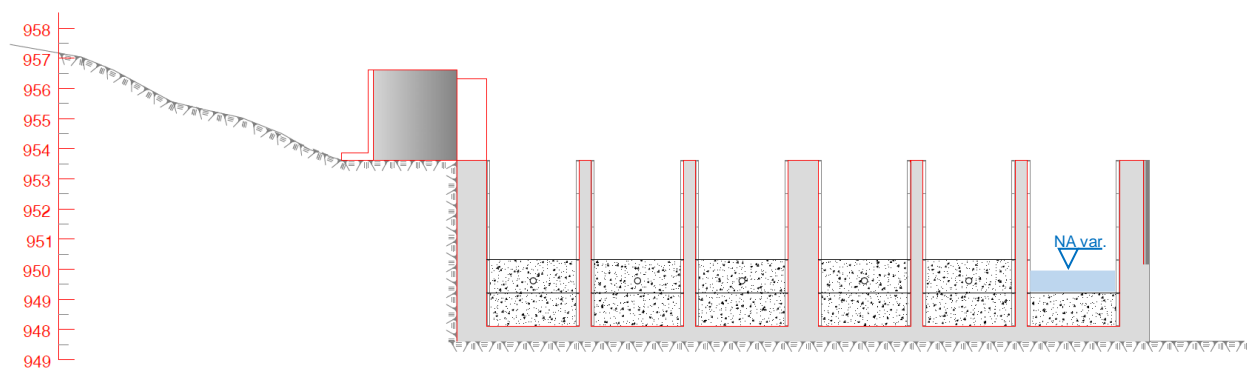


Figura 8 – Segunda fila de pranchões inseridas

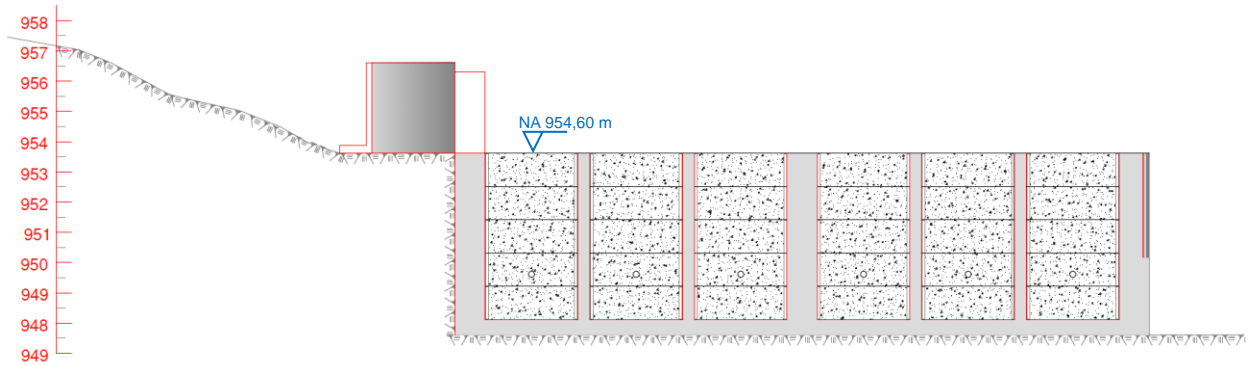
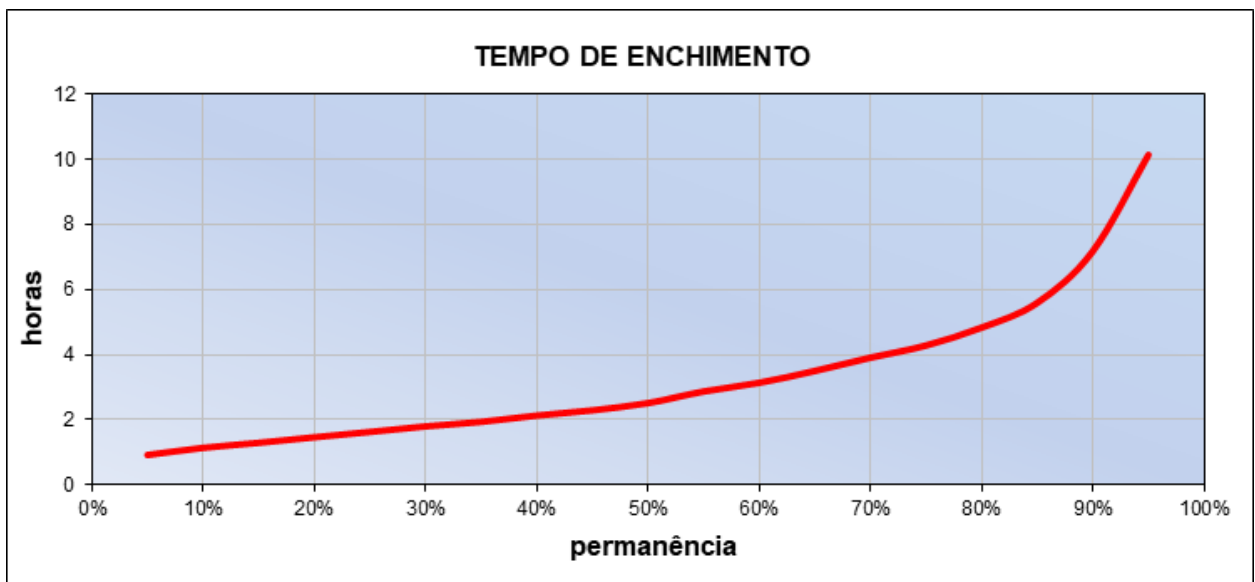


Figura 9 – Pranchões das Adufas Colocados

Observa-se que, no progresso da descida dos pranchões, a última adufa ficará sempre defasada quanto ao fechamento, ou seja, em posição aberta, de modo que o escoamento a jusante mantenha sempre uma liberação de vazão mínima de 9,73 m³/s, conforme item 3.2 deste relatório.

Na proximidade da afluência média da vazão correspondente à Q_{MLT} calculada para o empreendimento, foi previsto o seguinte cenário de enchimento do reservatório:



TEMPO DE ENCHIMENTO DO RESERVATÓRIO		
RESERVATÓRIO	PCH PULO	CAPTAÇÃO
VOLUME TOTAL	m³	238,825
Vazão liberada jusante	m³/s	1,32
Afluência	m³/s	horas
5%	73,62	0,92
10%	59,70	1,14
15%	52,66	1,29
20%	46,75	1,46
25%	42,11	1,63
30%	38,24	1,80
35%	35,62	1,93
40%	32,47	2,13
45%	30,31	2,29
50%	27,73	2,51
55%	24,45	2,87
60%	22,49	3,13
65%	20,28	3,50
70%	18,30	3,91
75%	16,81	4,28
80%	15,05	4,83
85%	13,19	5,59
90%	10,56	7,18
95%	7,86	10,14

Figura 10. Tempo de Enchimento médio da PCH Pulo

Observa-se na figura 10 que, pela vazão afluyente do rio, o tempo médio de enchimento seria hipoteticamente 2,13 horas, o que evidencia dois aspectos importantes:

- Que as vazões afluentes são bastante expressivas face ao reservatório e
- Que o volume a ser criado pelo reservatório é pequeno.

Este cálculo acima não leva em consideração o tempo real de fechamento, decorrente da operação de içar e descer os pranchões. Na prática, os valores serão bastante superiores as 2,13 horas previstas em cálculo, conforme será explanado no cenário de fechamento a seguir demonstrado.

A simulação de formação do reservatório contemplada neste estudo leva em consideração que as comportas stop-log do circuito de adução encontram-se sempre fechadas. Desta forma, não há entrada de água no circuito no momento da formação do reservatório, e neste caso, a vazão efluente a jusante da barragem é escoada apenas pelas adufas de desvio.

3.2 Simulação do Enchimento do Reservatório

Como premissa para esta simulação, o tempo médio calculado para o enchimento do reservatório foi calculado até que o nível d'água atinga a elevação 953,60 m, correspondendo ao nível e ao volume final do reservatório.

O tempo de fechamento dos pranchões levou em consideração que, para cada operação de içar / descer os pranchões, são necessários em média 30 minutos.

Desta forma, o resultado do enchimento será:

Linha do Pranchão	Cota do Lago	Altura média d'água (Reservatório)	Vazão Afluente	Largura do Pranchão	Altura do Pranchão	Quantidade de Pranchões Abertos nas Adufas	Área de escoamento Livre pelas Adufas	Vazão Efluente (pelas adufas)	Vazão Sanitária	Vazão Efluente TOTAL	Velocidade Média	Volume Acumulado no Reservatório	Tempo Total de Enchimento Acumulado
	[m]	[m]	[m³/s]	[m]	[m]	-	[m]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m/s]	[m³]	[horas]
1	949,60	1,60	32,60			6	18,42	32,60	0,00	32,60	1,77	25.000	0,5
						5	15,35	32,60	0,00	32,60	2,12		1,1
						4	12,28	32,60	0,00	32,60	2,65		1,6
						3	9,21	29,19	0,00	29,19	3,17		2,1
						2	6,14	19,46	0,00	19,46	3,17		2,7
						1	3,07	9,73	0,00	9,73	3,17		3,3
2	950,60	2,60	32,60			6	18,42	31,28	1,32	32,60	1,70	50.000	3,9
						5	15,35	31,28	1,32	32,60	2,04		4,4
						4	12,28	31,28	1,32	32,60	2,55		4,9
						3	9,21	31,28	1,32	32,60	3,40		5,5
						2	6,14	24,81	1,32	26,13	4,04		6,0
						1	3,07	12,40	1,32	13,72	4,04		6,6
3	951,60	3,60	32,60			6	18,42	31,28	1,32	32,60	1,70	116.000	7,2
						5	15,35	31,28	1,32	32,60	2,04		7,8
						4	12,28	31,28	1,32	32,60	2,55		8,4
						3	9,21	31,28	1,32	32,60	3,40		9,0
						2	6,14	29,19	1,32	30,51	4,75		9,6
						1	3,07	14,60	1,32	15,92	4,75		10,3
4	952,60	4,60	32,60			6	18,42	31,28	1,32	32,60	1,70	190.000	10,9
						5	15,35	31,28	1,32	32,60	2,04		11,5
						4	12,28	31,28	1,32	32,60	2,55		12,1
						3	9,21	31,28	1,32	32,60	3,40		12,8
						2	6,14	31,28	1,32	32,60	5,09		13,4
						1	3,07	16,50	1,32	17,82	5,37		14,1
5	953,60	5,60	32,60			6	18,42	31,28	1,32	32,60	1,70	239.000	14,6
						5	15,35	31,28	1,32	32,60	2,04		15,2
						4	12,28	31,28	1,32	32,60	2,55		15,8
						3	9,21	31,28	1,32	32,60	3,40		16,4
						2	6,14	31,28	1,32	32,60	5,09		16,9
						1	3,07	18,20	1,32	19,52	5,93		17,6
VERTIMENTO	953,60	5,60	32,60	-	-	-	-	32,60	1,32	19,52	-	-	-

Figura 11. Simulações do Enchimento médio da PCH Pulo

A vazão correspondente à vazão efluente, ou seja, a vazão que sai pelas adufas, é função da altura d'água em formação e a respectiva área de passagem da água, formulada através da equação de vazões em grandes orifícios.

Na condição inicial do fechamento, observa-se que há uma altura de água de 1,60 m, decorrente da vazão média do rio, sendo esta altura incorporada à altura do reservatório. Nesta situação, a partida do fechamento faz-se com a primeira linha de pranchões parcialmente submersos.

A linha 1 da figura 11 apresenta a condição inicial, conforme figura 6, ou seja, com os 6 vãos abertos. Desta forma, a vazão afluente é totalmente escoada a jusante.

A partir da descida gradativa de cada pranchão, observa-se que há um estrangulamento na passagem do rio pelas adufas. Este estrangulamento irá formando o reservatório e dificultando a passagem do rio, restringindo a vazão de passagem, até que a cota do rio seja equalizada.

Esta equalização é observada em cada nova linha de pranchões. Hipoteticamente, se considerar a vazão do rio constante neste evento gradativo de fechamento do rio, o que pode ser considerado verdadeiro devido a rápida formação deste reservatório, a partir

do instante que eleva-se em 1 metro o nível d'água, equivalente à altura de cada pranchão, a água sobe até iniciar o processo de vertimento sobre os pranchões já instalados. Neste momento, a vazão torna-se maior novamente, conforme figura a seguir:

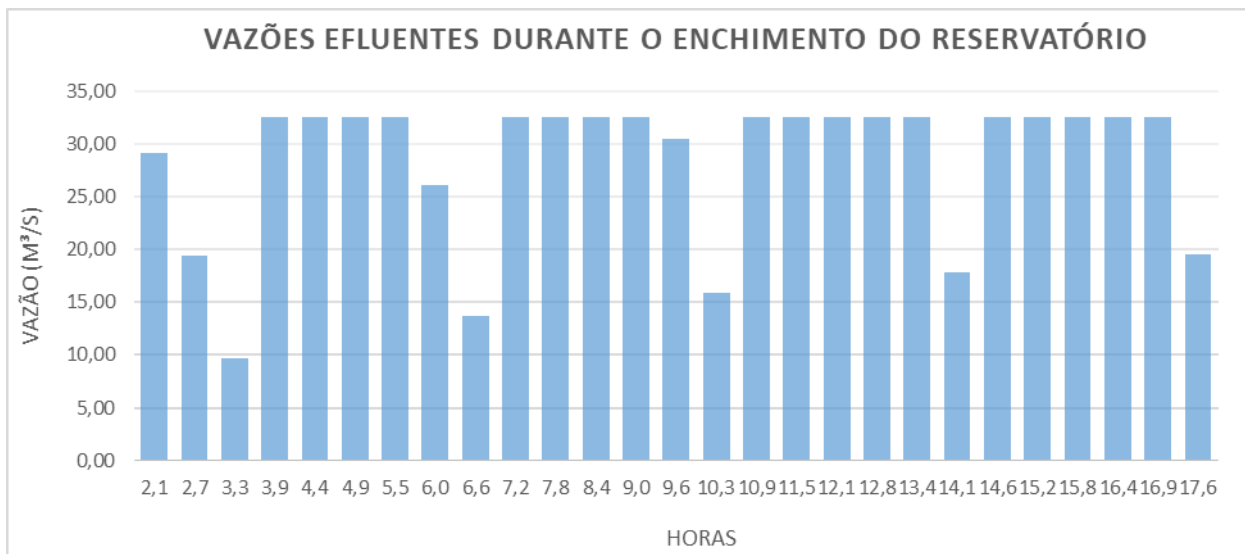


Figura 12. Variação das Vazões Efluentes

Pela análise da figura 12, observa-se que, cada descida de pranchão reduz a vazão efluente, cujo mínimo valor observado é 9,73 m³/s, para o fechamento do último pranchão da primeira linha. No instante seguinte, o incremento de vazão é decorrente da equalização da vazão até a próxima cota, e o vertimento sobre toda linha de pranchões já lançados.

Quando a elevação do reservatório atingir a cota 950,60 m, inicia-se o processo de liberação da vazão remanescente, no valor de 2,10 m³/s, que alivia sensivelmente a passagem da água pelas adufas. Esta vazão será liberada parte pelos orifícios, parte pela escada de peixes.

Ao final da simulação, observa-se uma última linha denominada vertimento, sendo esta decorrente da passagem total da água sobre a barragem, pois no instante da operação de enchimento do reservatório, o circuito adutor estará fechado, vertendo integralmente toda vazão afluente que chegar na barragem.

Ao final da simulação da formação do reservatório, verifica-se um tempo de enchimento médio de 17,60 horas, para a vazão média afluente Q_{MLT} . Este tempo de fechamento também observou um tempo médio de operação de içamento e colocação de cada pranchão, na ordem de 30 minutos para cada operação.

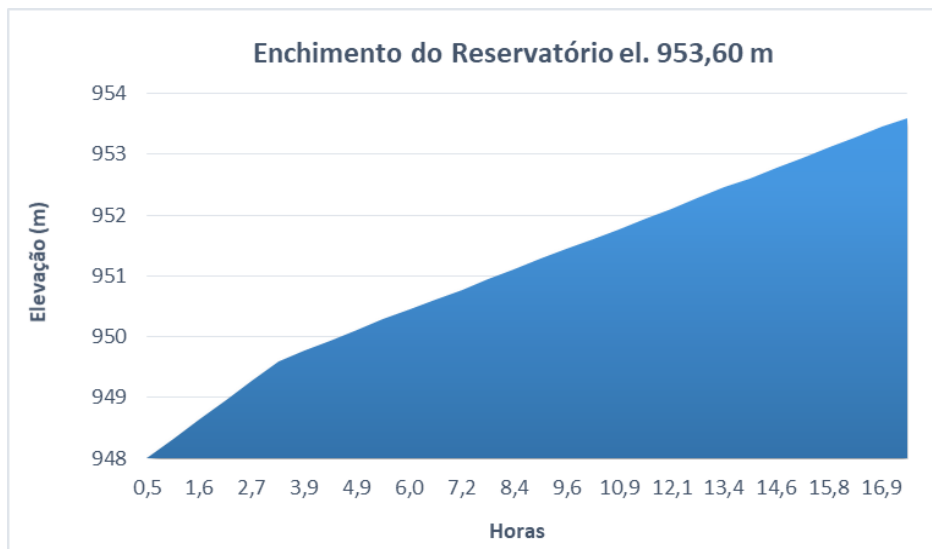


Figura 13. Enchimento do Reservatório PCH Pulo

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Observam-se valores de vazões expressivas, decorrente do regime caudaloso do rio Iapó. Tal regime impõe ao empreendimento uma condição de rápida formação e recarga de reservatório, decorrente também do pequeno volume formado para as condições topográficas existentes na região.

A vazão efluente mínima, ou seja, a vazão que será destinada a jusante da barragem será de 9,73 m³/s, em qualquer situação ou cenário proposto nesta memória.

O fechamento progressivo dos pranchões garantirão tal vazão mínima, de modo que as condicionantes ambientais para o empreendimento serão plenamente atendidas, em qualquer tempo.

Portanto, por medidas de prevenção ao ambiente, este estudo teve como fim o enchimento do lago da forma que não interrompesse o fluxo d'água, mantendo vazão mínima superior aos 1,32 m³/s preconizados pelo órgão ambiental como vazão remanescente, e desta forma, a formação do reservatório atenderá satisfatoriamente as condições mínimas naturais a jusante da barragem, minimizando os efeitos durante a operação de formação do reservatório.

Ressalta-se que os cálculos consideraram uma vazão afluente constante, observada como a vazão média de longo período. Este fato não muda o cenário das vazões efluentes, que são garantidas em qualquer tempo.

Na prática, em caso de pequenas variações em torno deste valor médio de vazões afluentes, o tempo de enchimento e formação do reservatório mudará, resultando em tempos maiores ou menores, sem no entanto, alterar significativamente as condições a jusante da barragem.