

**COMUNIDADE INTERMUNICIPAL DO ALTO ALENTEJO**

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO  
INTEGRADO DOS RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS DO  
APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO  
CRATO**



**COMPONENTE B) ESTUDO DAS INFRAESTRUTURAS DE  
REGULARIZAÇÃO DE CAUDAIS. INFRAESTRUTURAS PRIMÁRIAS  
ESTUDO FINAL**

**VOLUME 2 – ESTUDOS COMPLEMENTARES DE SEGURANÇA  
TOMO 3 – NORMAS DE EXPLORAÇÃO DA BARRAGEM E DA ALBUFEIRA**







**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DOS RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO**

**COMPONENTE B) ESTUDO DAS INFRAESTRUTURAS DE REGULARIZAÇÃO DE CAUDAIS**

**INFRAESTRUTURAS PRIMÁRIAS**

**ESTUDO FINAL**

**VOLUME 2 – ESTUDOS COMPLEMENTARES DE SEGURANÇA**

**TOMO 3**

**NORMAS DE EXPLORAÇÃO DA BARRAGEM**

**EQUIPA TÉCNICA**

Diretor de Consórcio Eng.º António Capelo

Adjunto Eng.º Mário Samora

---

Hidráulica / Hidrologia Eng.º Mário Samora

Eng.º Rui Apolinário

Eng.º João Afonso

Eng.ª Ana Teresa Dias

---



## VOLUME 2 – ESTUDOS COMPLEMENTARES DE SEGURANÇA

### TOMO 3

### NORMAS DE EXPLORAÇÃO DA BARRAGEM

	ÍNDICE
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO APROVEITAMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>3 ÓRGÃOS DE SEGURANÇA .....</b>	<b>7</b>
3.1 DESCARREGADOR DE CHEIAS .....	7
3.1.1 Curva de vazão.....	7
3.1.2 Critérios de exploração.....	7
3.2 DESCARGA DE FUNDO .....	8
3.2.1 Curvas de vazão.....	8
3.2.2 Critérios de exploração.....	9
<b>4 ÓRGÃOS DE UTILIZAÇÃO.....</b>	<b>13</b>
4.1 TOMADA DE ÁGUA COMUM À REGA, ABASTECIMENTO URBANO E CAUDAL ECOLÓGICO .....	13
4.1.1 Função .....	13
4.1.2 Constituição.....	14
4.1.3 Descrição dos órgãos .....	14
4.2 CAUDAIS DE FUNCIONAMENTO.....	16
4.3 MODO DE OPERAÇÃO.....	17
4.3.1 Central Hidroelétrica .....	17
4.3.2 By-pass para caudal ecológico .....	18
<b>5 MEDIDAS DE MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS ÓRGÃOS DE SEGURANÇA E EXPLORAÇÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>6 MEDIDAS DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....</b>	<b>23</b>
<b>7 MEDIDAS A TOMAR NOS CASOS DE OCORRÊNCIAS EXCECIONAIS OU ANÔMALAS .....</b>	<b>24</b>

#### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Hidrogramas de cheia afluentes à albufeira da barragem do Pisão.....	5
Figura 2 – Curva de vazão da ribeira de Seda na seção do pé da barragem do Pisão .....	6
Figura 3 – Curva de vazão do descarregador de cheias da barragem do Pisão .....	7
Figura 4 – Fluxograma de regulação de caudal dos “by-pass” à Central .....	19

---

**INDICE DE TABELAS**

Tabela 3-1 – Caudais máximos extraídos mensalmente da tomada de água da barragem do Pisão .....	17
---	----





## 1 INTRODUÇÃO

No âmbito do Concurso Público Internacional 33SCICC2020, a **AQUALOGUS, Engenharia e Ambiente, Lda.** e a **TPF – Consultores de Engenharia e Arquitetura, S.A.**, têm a honra de submeter à apreciação da Comunidade Intermunicipal do Alto Alentejo o **TOMO 3 – NORMAS DE EXPLORAÇÃO DA BARRAGEM**, referentes aos Estudos de Base da *Avaliação da Sustentabilidade e Desenvolvimento Integrado dos Recursos Hídricos e Energéticos do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato*.

De acordo com o Caderno de Encargos os estudos e projetos do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato foram divididos nas seguintes quatro componentes:

- Componente A) - Estudos socioeconómicos;
- Componente B) - Estudos das infraestruturas de regularização de caudais:
  - Estudo de origens de água alternativos.
  - Infraestruturas Primárias.
  - Infraestruturas Secundárias de Rega.
- Componente C) - Estudo do Aproveitamento Fotovoltaico;
- Componente D) - Estudo de Impacte Ambiental.

Seguindo o definido no Caderno de Encargos, para as 4 componentes, os estudos serão desenvolvidos em duas Fases:

- 1ª Fase – Versão Preliminar dos Estudos;
- 2ª Fase – Versão Final dos Estudos.

O presente documento, pertencente à 2ª Fase – Versão Final da Componente B) Estudos das infraestruturas de regularização de caudais, e refere-se ao **TOMO 3 - NORMAS DE EXPLORAÇÃO DA BARRAGEM E DA ALBUFEIRA** do **VOLUME 2 – ESTUDOS COMPLEMENTARES DE SEGURANÇA**.

---

## 2 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO APROVEITAMENTO

Apresenta-se, seguidamente, uma ficha resumo da barragem do Pisão e obras associadas, contendo as suas características mais importantes:

### A) Finalidades

- rega de terrenos agrícolas, abastecimento urbano, produção de energia elétrica, laminagem de caudais de cheia.

### B) Hidrologia

- linha de água: ribeira de Seda
- área da bacia hidrográfica dominada: 245 km<sup>2</sup>;
- precipitação em ano médio: 803 mm
- escoamento anual médio: 190 mm (46,43 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>);
- caudal modular: 1,47 m<sup>3</sup>/s;
- caudal ecológico máximo (método INAG): 1,25 m<sup>3</sup>/s (mês de fevereiro de anos médios e húmidos).
- caudal ecológico mínimo (método INAG): 0,13 m<sup>3</sup>/s (mês de julho de anos abaixo da média);
- caudal afluente da cheia de projeto do descarregador de cheias (T=5000 anos): 828 m<sup>3</sup>/s;
- caudal efluente da cheia de projeto do descarregador de cheias (T=5000 anos): 394 m<sup>3</sup>/s;

### C) Albufeira

- volume morto: 6,9 hm<sup>3</sup>;
- volume útil: 109,3 hm<sup>3</sup>;
- volume total: 116,2 hm<sup>3</sup>;
- nível mínimo de exploração (NME):
  - NME rega: 221,30;
  - NME abastecimento: 219,10;
- nível de pleno armazenamento (NPA): 248,00;
- nível de máxima cheia (NMC): 250,45;
- área inundada à cota do NPA: 726 ha.

#### D) Barragem

- tipo: terra com perfil zonado;
- cota do coroamento: 252,00;
- cota do ponto mais baixo da fundação: 198,00;
- altura máxima acima da fundação: 54 m;
- desenvolvimento do coroamento: 1382 m;
- largura do coroamento: 10 m;
- volume de aterro: 2.540.000 m<sup>3</sup>.

#### E) Descarregador de Cheias

- tipo: em canal de betão a céu aberto, com soleira descarregadora do tipo labirinto a montante e bacia de dissipação de energia a jusante (Tipo II do USBR);
- cota da crista da soleira descarregadora: 248,00;
- número de módulos: 2;
- comprimento nominal da crista da soleira descarregadora: 96,00 m;
- profundidade do canal de aproximação, abaixo da crista da soleira descarregadora: 3,50 m;
- largura do canal de descarga intermédio: 12,00 m;
- profundidade do canal de descarga: 3,50 m;
- largura da bacia de dissipação de energia: 20,00 m;
- comprimento da bacia de dissipação de energia: 45,00 m.

#### F) Descarga de Fundo

- constituição: torre de tomada de água, seguida de uma conduta Ø1800 no interior da galeria de desvio provisório e terminando numa comporta de segmento com 1,10 x 1,80 m<sup>2</sup> de área que lança o seu jato para o interior de uma bacia de dissipação de energia do tipo II do USBR;
- controlo do caudal: através de comporta de segmento, na extremidade de jusante;
- órgãos de guarda a montante: comporta plana com 1,80 x 2,10 m<sup>2</sup> de área na base da torre de tomada de água, comandada por servomotor a partir do topo da torre de tomada de água;
- cota da soleira de entrada da tomada de água: 210,20;
- cota de soleira da comporta de segmento à saída: 201,00;
- capacidade máxima: 38 m<sup>3</sup>/s com o NPA na albufeira;
- tempo de esvaziamento da albufeira: cerca de 46 dias.

---

## G) Tomada de Água

- constituição: Torre de tomada de água com entradas a três níveis (níveis de captação 239,00; 231,00 e 215,50) + conduta Ø1800 sob o aterro da barragem, paralela à da descarga de fundo, instalada no interior da galeria de desvio provisório + ramificações a jusante (para a estação elevatória para o Bloco de Rega do Crato, para a estação elevatória para abastecimento urbano, para a central hidroelétrica de pé de barragem e para o *by-pass* a esta);
- caudal máximo derivável: 5,38 m<sup>3</sup>/s.

### G.1) Ramificação a jusante da Tomada de Água, para a estação elevatória do bloco de rega do Crato

- constituição: conduta Ø1800 terminando em Ø2000 para alimentação da estação elevatória;
- caudal máximo: 5,00 m<sup>3</sup>/s.

### G.2) Ramificação a jusante da Tomada de Água, para a estação elevatória para abastecimento urbano

- constituição: picagem Ø500 na conduta de rega Ø1800;
- caudal máximo: 0,250 m<sup>3</sup>/s.

### G.3) Ramificações a jusante da Tomada de Água, para a Central Hidroelétrica de Pé de Barragem

- 2 turbinas do tipo “Cross-flow”
- Caudal máximo turbinado: 2 x 0,74 m<sup>3</sup>/s
- Caudal mínimo turbinado: 0,15 m<sup>3</sup>/s
- Queda dos melhores rendimentos: 36 m
- Queda mínima: 17,46 m
- Queda máxima: 47,51 m
- Potência (veio da turbina): 2 x 269 kW
- Potência (alternador): 2 x 250 kW
- Produção média anual de energia: 0,57 GWh/ano

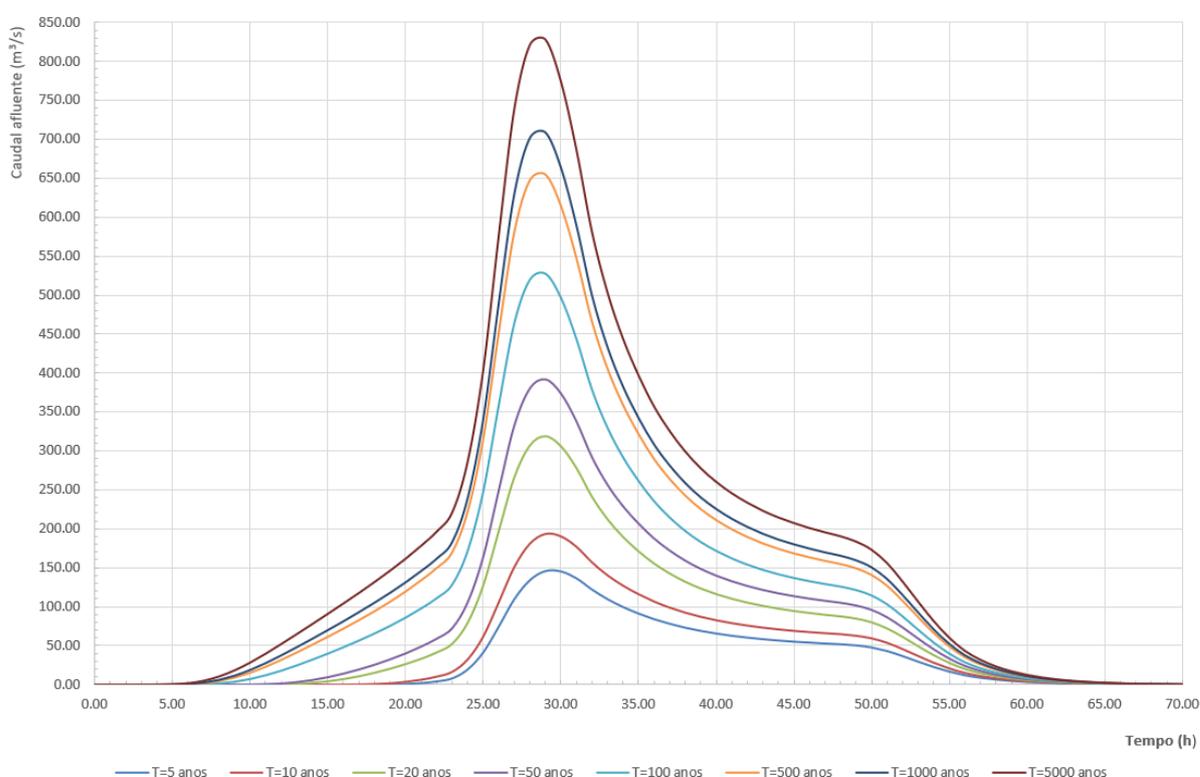
### G.4) Ramificação a jusante da Tomada de Água, para o *by-pass* à Central Hidroelétrica

- Constituição: três circuitos paralelos, dois deles Ø500 e um terceiro Ø150, localizados no edifício da central hidroelétrica; o caudal será regulado automaticamente por válvulas de globo Ø500 e Ø150; daí para jusante, os circuitos de restituição continuarão em

paralelo até à sua saída no interior da bacia de dissipação de energia da descarga de fundo.

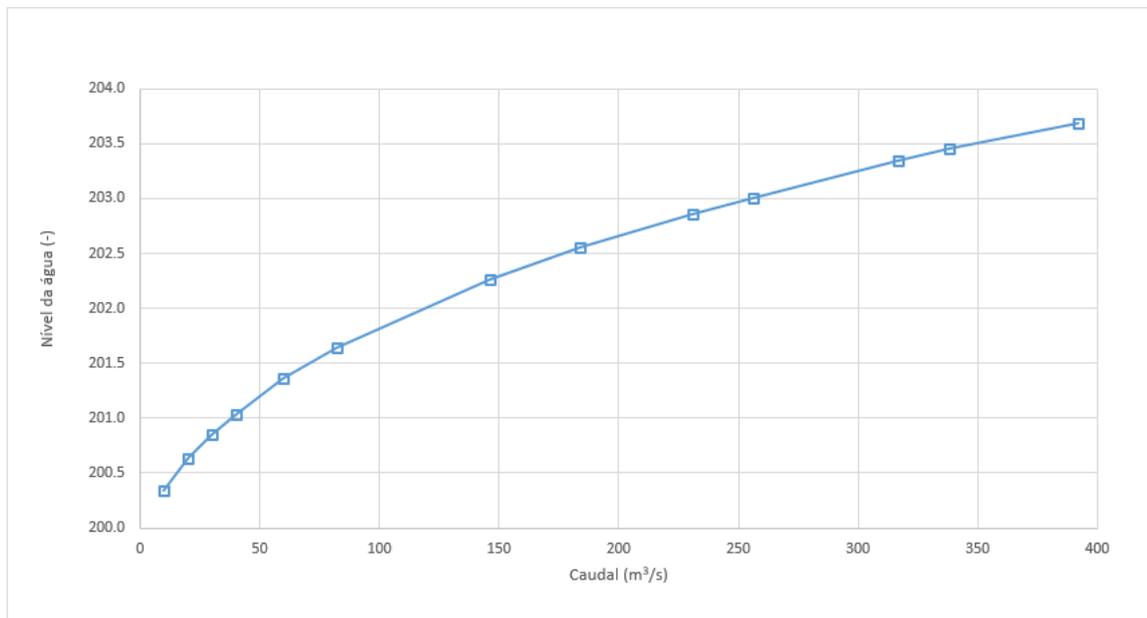
- Caudais de funcionamento: entre  $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $2 \times 0,74 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Os hidrogramas das cheias afluentes à barragem do Pisão são os apresentados na figura seguinte.



**Figura 1 – Hidrogramas de cheia afluentes à albufeira da barragem do Pisão**

Na figura seguinte apresenta-se a curva de vazão da ribeira de Seda na seção imediatamente a jusante da barragem.



**Figura 2 – Curva de vazão da ribeira de Seda na seção do pé da barragem do Pisão**

### 3 ÓRGÃOS DE SEGURANÇA

#### 3.1 DESCARREGADOR DE CHEIAS

##### 3.1.1 Curva de vazão

Na figura seguinte apresenta-se a curva de vazão aproximada do descarregador de cheias de lâmina livre da barragem do Pisão.

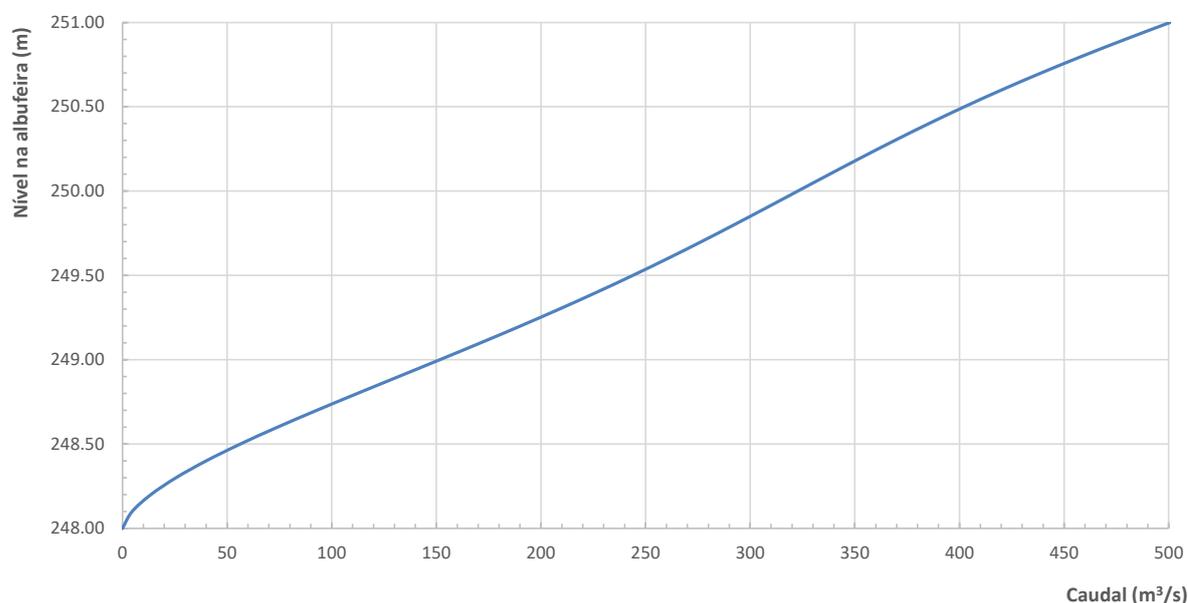


Figura 3 – Curva de vazão do descarregador de cheias da barragem do Pisão

##### 3.1.2 Critérios de exploração

Dado que o descarregador de cheias da barragem do Pisão não possuirá equipamento hidromecânico de controlo, os critérios de exploração do mesmo limitar-se-ão ao registo contínuo da evolução dos níveis durante a descarga de cheias, usando o limnígrafo instalado no paramento de montante da barragem, na zona das tomadas de água para rega, abastecimento urbano e para o caudal ecológico.

Os valores registados pelo referido limnígrafo permitirão, através da curva de vazão fornecida em 2.1.1, determinar com rigor todos os hidrogramas de cheia efluentes da barragem. Para tanto, o mesmo será ligado a um sistema de registo automático, gráfico e informático, a instalar no edifício da Central pé de barragem.

---

O limnógrafo poderá servir para medir toda a gama de níveis, entre o NME = 219,10 e o NMC = 250,45.

No entanto, para evitar a acumulação de uma grande quantidade de dados, o registo contínuo deverá ser ativado automaticamente unicamente quando N ultrapassar o NPA = 248,00.

Nas restantes situações, bastará fazer um único registo do nível da albufeira por dia, a uma determinada hora a fixar.

## 3.2 DESCARGA DE FUNDO

### 3.2.1 Curvas de vazão

As curvas de vazão da descarga de fundo da barragem do Pisão serão as seguintes, para diversas percentagens da abertura da comporta de segmento de regulação do caudal:

As curvas de vazão da descarga de fundo para diferentes aberturas da comporta são as seguintes:

- Abertura total:
  - $Q = 5,63\sqrt{N - 202,59}$
  
- 90% de abertura:
  - $Q = 4,94\sqrt{N - 202,26}$
  
- 80% de abertura:
  - $Q = 4,37\sqrt{N - 202,04}$
  
- 70% de abertura:
  - $Q = 3,84\sqrt{N - 201,87}$
  
- 60% de abertura:
  - $Q = 3,34\sqrt{N - 201,72}$

- 50% de abertura:
  - $Q = 2,84\sqrt{N - 201,59}$
- 40% de abertura:
  - $Q = 2,34\sqrt{N - 201,47}$
- 30% de abertura:
  - $Q = 1,79\sqrt{N - 201,35}$
- 20% de abertura:
  - $Q = 1,23\sqrt{N - 201,22}$
- 10% de abertura:
  - $Q = 0,63\sqrt{N - 201,10}$

Sendo Q o caudal descarregado, em m<sup>3</sup>/s e N o nível na albufeira, em m.

Com a comporta de regulação totalmente aberta e com o NPA = 248,00 na albufeira, o caudal máximo descarregado será de 38 m<sup>3</sup>/s.

### 3.2.2 Critérios de exploração

A descarga de fundo da barragem do Pisão terá as seguintes duas funções principais:

- Permitir o controle do primeiro enchimento da albufeira.
- Permitir o esvaziamento total ou parcial da albufeira em emergências, em que tal esvaziamento se imponha por razões de segurança da própria obra.

Acessoriamente, recomenda-se, também, que a descarga de fundo assegure o descarregamento de cheias, em precedência ao descarregador de cheias propriamente dito. Ou seja, quando for atingido o NPA, e o descarregador de cheias, de lâmina livre, estiver na iminência de começar a funcionar, dever-se-á, antes, controlar a subida do nível da albufeira acima do NPA com recurso à descarga de fundo, até ao limite da capacidade da mesma (38 m<sup>3</sup>/s).

---

O descarregador de cheias só começará a funcionar após ter sido esgotada a capacidade da descarga de fundo e esta deverá ser mantida totalmente aberta até o nível da albufera voltar a descer para a cota do NPA.

Este procedimento é aconselhado, não porque o descarregador de cheias não esteja dimensionado para lidar com as cheias sozinho de forma segura, mas unicamente pelas razões seguintes:

- Sempre que a descarga de fundo funcionar, haverá alguma eliminação de sedimentos depositados na albufera, mesmo que apenas de forma muito limitada. Isto é assim em especial durante durante cheias, que é quando existe maior caudal sólido afluente.
- A mobilização de água na parte inferior da albufera será positiva para a renovação dos estratos inferiores e para a manutenção da qualidade.

Note-se, porém, que, tendo a albufera capacidade de regularização interanual, o descarregamento de cheias será um evento pouco frequente (pelo menos depois de a totalidade dos consumidores de rega estarem instalados). As emergências, como é óbvio, serão ainda mais raras e, desejavelmente, nunca acontecerão.

No entanto, por razões de segurança, é essencial que os órgãos de manobra da descarga de fundo sejam mantidos sempre em boas condições de operacionalidade, o que implicará a realização de manobras periódicas de ensaio ou de rotina, que evitem as degradações e avarias que podem advir de inatividade prolongada.

Essas manobras de ensaio poderão ser ordenadas pela APA em qualquer altura, mas, para além das mesmas, o Dono da Obra deverá realizar uma manobra de rotina por ano, no mês de fevereiro ou no mês de março.

Na execução das manobras de rotina anuais ou das manobras de ensaio esporádicas, deverá ser seguido o seguinte programa:

1. Acionamento da sirene de alarme no encontro direito da barragem durante 1 minuto antes de iniciar a manobra da descarga de fundo.
2. Abertura inicial de 10% da comporta de segmento de regulação de caudal, a qual se deverá manter nesta posição durante cinco minutos.
3. Realização de três incrementos de caudal sucessivos 30%, respetivamente aos 10, 20, e 30 minutos após o início da manobra, até à abertura total da comporta de regulação (para que os incrementos de caudal sejam iguais, cada uma das aberturas parciais sucessivas deve ser previamente calculada com base nas curvas de vazão apresentadas no item anterior).

4. Manutenção da abertura total durante mais 5 minutos, a que se seguirá o fecho completo da comporta.

Na execução de manobras de descarga de cheias, de acordo com o explanado acima, a comporta de regulação deverá ser operada, de forma muito simples, em função dos seguintes 6 níveis de controle.

- NPA – 12 cm: Fechamento total da comporta, se a mesma estiver aberta.
- NPA – 9 cm: Colocação da comporta em 10% de abertura e acionamento da sirene de alarme se, imediatamente antes, a comporta estivesse fechada.
- NPA – 6 cm: Colocação da comporta em 40% de abertura.
- NPA – 3 cm: Colocação da comporta em 70% de abertura.
- NPA : Colocação da comporta em abertura total.

Todas as manobras da descarga de fundo, deverão ficar devidamente registadas no Livro Técnico da Obra, contemplando o dia, a hora e as variações do nível na albufeira e do caudal descarregado ocorridas durante as mesmas.

No manuseamento do equipamento hidromecânico (comporta plana de vagão de guarda e de segmento de regulação), deverão ser observadas as seguintes regras:

- A) Em condições normais, **a comporta plana de guarda deverá ser mantida total e permanentemente aberta**, só devendo ser fechada em caso de avaria ou de necessidade de inspeção da comporta de regulação de caudal.
- B) Não deverão, em situação nenhuma, ser mantidas aberturas parciais da comporta de guarda.
- C) Uma vez por ano, deverá ser realizado um ensaio de abertura e de fechamento totais da comporta de guarda em águas paradas, para manter a mesma em bom estado de funcionamento.

Em cumprimento do Regulamento de Segurança de Barragens, existirão dois postos de comando da descarga de fundo: um no Central de pé de barragem, para comando local, e outro no edifício do posto de observação e comando (POC) da barragem, para comando à distância.

---

Quer a comporta de guarda, quer a comporta de regulação serão comandáveis manual e eletricamente.

O fornecimento de energia será assegurado a partir de um posto de transformação a localizar junto do edifício do posto de comando da barragem.

Neste último, será também instalado um gerador diesel de emergência, que funcionará como fonte de energia alternativa em caso de falha do fornecimento de energia da rede pública.

## 4 ÓRGÃOS DE UTILIZAÇÃO

### 4.1 TOMADA DE ÁGUA COMUM À REGA, ABASTECIMENTO URBANO E CAUDAL ECOLÓGICO

#### 4.1.1 Função

A tomada de água destina-se a transportar caudais para:

- Alimentação da estação elevatória para o Bloco de Rega do Crato, para regadio de 4663 ha desse bloco de rega.
- Alimentação da estação elevatória para abastecimento urbano.
- Caudal ecológico.

A prioridade de utilização da água deverá ser a seguinte:

1. Abastecimento urbano.
2. Caudal ecológico.
3. Abastecimento para rega.

A priorização acima definida deverá ser definida em pormenor em função da gestão real da albufeira em fase de exploração, coordenada com as barragens do Maranhão e Montargil. Esta priorização deverá se adaptada às realidades que forem, então, surgindo.

As comportas de vagão que controlam os orifícios da torre de tomada de água serão, normalmente, comandadas por um autómato a instalar na Central, embora possam ser comandadas também localmente, se necessário.

O modo de operação será manual para a comporta de isolamento da descarga de fundo e para as comportas da tomada de água será manual ou automático

A seleção do modo de operação será feita através do ecrã tátil ou de um comutador rotativo.

No modo manual, as ordens serão dadas pelo operador.

Para a operação automática das comportas da tomada de água, será implementado um algoritmo baseado no nível da água na albufeira.

As comportas funcionarão em função do nível na albufeira (N):

$N \geq 242,00$  Tomada Nº 1 aberta

Tomadas nº 2 e 3 fechadas

$234,00 < N < 242,00$  Tomada nº 2 aberta

Tomadas nº 1 e 3 fechadas

---

N ≤ 234,00 Tomada nº 3 aberta

Tomadas nº 1 e 2 fechadas

Na transição de uma tomada para outra, dever-se-á primeiro abrir a nova tomada completamente e só depois fechar a que estava em operação anteriormente.

Para evitar situações de indefinição, preconiza-se que uma comutação entre duas tomadas não deverá ser feita antes de ter passado meia hora desde a última manobra.

Cada uma das comportas vagão deverá, sempre, funcionar totalmente aberta ou totalmente fechada.

Com estes procedimentos, ficará garantida a captação de água de boa qualidade em todas as situações, quer para rega, para abastecimento urbano e para caudal ecológico.

#### **4.1.2 Constituição**

A tomada de água terá a seguinte constituição:

- Torre de tomada de água com entradas a três níveis.
- Condução PRFV Ø1800 sob o aterro da barragem, paralela à da descarga de fundo, instalada no interior da galeria de desvio provisório.
- Ramificações a jusante, para:
  - As estações elevatórias.
  - A central hidroelétrica de pé de barragem, que deverá processar os caudais a lançar no leito do rio, ou seja, os caudais ecológicos e os caudais em excesso na albufeira.
  - Um circuito de “by-pass” à central, que a deverá poder substituir sempre que:
    - Esta não estiver operacional.
    - O caudal a lançar for inferior ao caudal mínimo de funcionamento das duas turbinas (0,15 m<sup>3</sup>/s).

#### **4.1.3 Descrição dos órgãos**

A torre de tomada de água terá entradas a três níveis: 239,00, 231,00 e 221,30. Estas tomadas a diferentes níveis permitirão que a captação de água se faça sempre nas melhores condições de qualidade.

As entradas de água serão obturáveis por intermédio de comportas vagão com 2,10 m x 2,75 m de área, cada, sendo a entrada de água protegida por grelha com 2,62 m x 3,10 m de

área. As comportas serão operadas a partir de plataforma à cota do coroamento da barragem, no topo da torre.

A água captada será conduzida a uma conduta vertical de secção quadrada de 2,40 x 2,40 m<sup>2</sup> de área, no interior da torre de tomada de água, que transita para uma conduta Ø1800 mediante uma transição quadrado redondo situada na base da tomada de água a cota inferior.

Esta conduta começará por atravessar o rolhão de betão que obturará a entrada da galeria de desvio provisório e, daí até à saída a jusante, será implantada à vista, apoiada sobre berços de betão, no interior da referida galeria sob o aterro da barragem, com um traçado paralelo ao da descarga de fundo, instalada à direita desta.

A jusante, serão feitas as seguintes ramificações da conduta Ø1800 da tomada de água, de montante para jusante:

- Ramificação Ø1000 para a central hidroelétrica.
- Ramificação Ø500 para a estação elevatória para abastecimento urbano.
- Ramificação final, na conduta Ø1800, para a estação elevatória para o bloco de rega do Crato.

A jusante da ramificação Ø1000 para a central, a conduta Ø1800 da tomada de água infletirá em direção a uma câmara de válvulas enterrada.

Esta câmara albergará uma picagem Ø500, dotada de válvula de borboleta, para derivação para a estação elevatória para abastecimento urbano e uma válvula de borboleta Ø1800 na conduta que ligará à estação elevatória para o bloco de rega do Crato.

A jusante da câmara de válvulas será instalado um cone de transição Ø1800/Ø2000, para ligação a esta última estação elevatória.

O projeto dos troços de conduta de ligação às citadas estações elevatórias e as próprias estações elevatórias não estão incluídos no presente estudo.

A ramificação Ø1000 para a central hidroelétrica será feita para o lado esquerdo da bacia de dissipação de energia da descarga de fundo, pelo que a conduta terá de efetuar um cruzamento em pescoço de cavalo sobre a conduta da descarga de fundo.

A central hidroelétrica, que será dotada de duas turbinas do tipo “Cross flow”, restituirá os caudais turbinados para o interior da bacia de dissipação de energia da descarga de fundo.

O “by-pass” à central será composto por três circuitos paralelos, dois deles com o seguinte equipamento:

- 
- Válvula de cunha Ø500, de comando manual, com funções de isolamento do circuito.
  - Filtro Ø500, em Y.
  - Medidor de caudal.
  - Válvula de globo Ø500 motorizada, para regulação automática do caudal.
  - Cone de transição Ø500/Ø600.
  - Tê Ø600/ Ø100, sobre o qual será instalada uma ventosa Ø100 de triplo efeito.

O terceiro circuito de “by-pass”, com capacidade para regular caudais mais baixos, terá o seguinte equipamento:

- Válvula de cunha Ø150, de comando manual, com funções de isolamento do circuito.
- Filtro de areia Ø150, em Y.
- Medidor de caudal.
- Válvula de globo Ø150 motorizada, para regulação automática do caudal.
- Cone de transição Ø150/Ø200.
- Tê Ø200/ Ø65, sobre o qual será instalada uma ventosa Ø65 de triplo efeito.

## **4.2 CAUDAIS DE FUNCIONAMENTO**

Os caudais previstos extrair da tomada de água da albufeira da barragem do Pisão são os seguintes:

- QCE – caudal ecológico.
- QEEAu – caudal para a Estação elevatória para abastecimento urbano.
- QEERega – caudal para a Estação Elevatória de rega para os blocos do Crato.

Devido à não simultaneidade de todos os caudais extraídos referidos acima, foi necessário estimar os caudais de ponta, a nível mensal, de forma a determinar os caudais máximos e mínimos extraídos na tomada de água.

É de referir que os caudais previstos turbinar na Central Hidroelétrica preconizada correspondem aos caudais ecológicos (QCE), estimados pelo método do INAG, mais os caudais em excesso na albufeira durante a época húmida.

Na tabela seguinte apresenta-se o resumo dos caudais máximos calculados previstos extrair mensalmente pela tomada de água da barragem do Pisão.

**Tabela 4-1 – Caudais máximos extraídos mensalmente da tomada de água da barragem do Pisão**

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
	m <sup>3</sup> /s											
Caudal ecológico (INAG), QCE	0,25	0,84	1,25	0,94	1,25	0,81	0,71	0,25	0,00	0,13	0,00	0,00
Caudal ecológico ano seco, 25%.QCE	0,06	0,21	0,31	0,23	0,31	0,20	0,18	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00
Caudal para EE abastecimento urbano QEEAu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Caudal para a EE de rega bloco Crato QEERega	0,93	0,16	0,15	0,16	0,62	1,03	2,20	3,48	4,80	5,00	5,00	2,35
<b>QCE + QEEAu</b>	<b>0,25</b>	<b>0,84</b>	<b>1,25</b>	<b>0,94</b>	<b>1,25</b>	<b>0,81</b>	<b>0,71</b>	<b>0,50</b>	<b>0,25</b>	<b>0,38</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>
<b>QCE + QEEAu + QEERega</b>	<b>1,18</b>	<b>1,00</b>	<b>1,40</b>	<b>1,10</b>	<b>1,87</b>	<b>1,84</b>	<b>2,91</b>	<b>3,98</b>	<b>5,05</b>	<b>5,38</b>	<b>5,25</b>	<b>2,60</b>

Da leitura da tabela anterior, e com base em simulações de turbinagem (ver Ponto 7.7) estabeleceram-se os seguintes caudais de funcionamento extremos:

- Caudal máximo turbinável na estação húmida = 2 x 0,74 m<sup>3</sup>/s.
- Caudal máximo global da tomada de água = 5,38 m<sup>3</sup>/s.
- Caudal mínimo de funcionamento isolado do “by-pass” à central hidroelétrica = 0,02 m<sup>3</sup>/s.

### 4.3 MODO DE OPERAÇÃO

#### 4.3.1 Central Hidroelétrica

A central hidroelétrica pode funcionar em modo manual ou modo automático.

Em modo automático as turbinas funcionarão com regulação de caudal, com tabela horária a preencher diariamente pelo operador (dia-tipo)

Se  $Q < 150$  l/s ou se  $N < 221,30 \rightarrow$  turbinas não funcionam (central fora de serviço).

Os grupos podem ser operados localmente, no seu próprio quadro de comando, ou estarem disponíveis para operação automática a partir do SCADA local ou remoto.

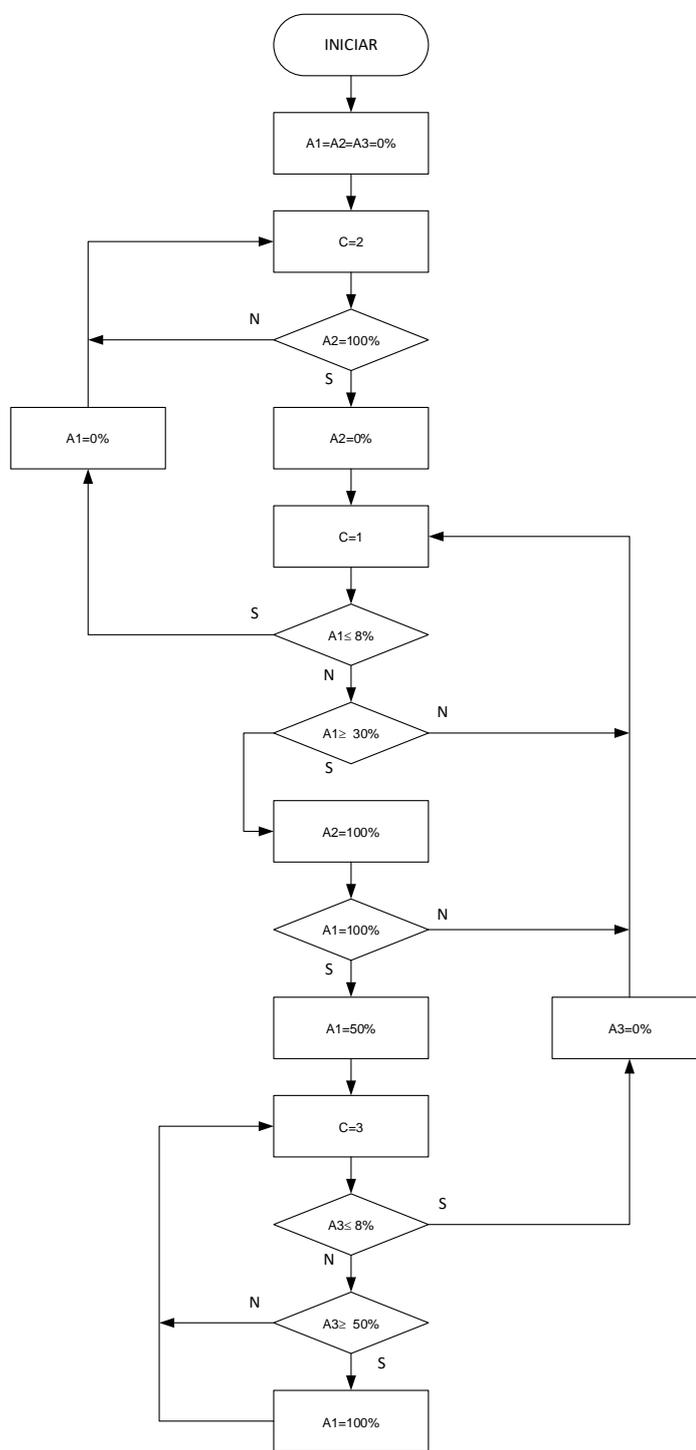
Quando um dos grupos estiver disponível para funcionamento automático, funcionará de acordo com os pontos definidos no HMI ou no SCADA local ou remoto.

---

#### **4.3.2 By-pass para caudal ecológico**

O controlo dos circuitos de “by-pass” à Central poderão ser controlados automaticamente ou manualmente. Os “by-pass” à Central só funcionarão com a central fora de serviço.

O funcionamento dos “by-pass” será por regulação de caudal com um PID dentro do algoritmo cujo fluxograma se apresenta na figura seguinte.



C - Circuito de controle

A1, A2, A3 - % de abertura de cada um dos circuitos

Figura 4 – Fluxograma de regulação de caudal dos “by-pass” à Central

---

O PID regula caudal, somando os caudais nos três circuitos (1, 2 e 3) e fazendo ajustamentos na abertura de apenas uma válvula.

O algoritmo decide qual a válvula deverá ser controlada com PID e qual a percentagem de abertura das outras duas válvulas, que ficam fixas.

Nota: os circuitos 1 e 3 estão munidos de válvula de regulação DN500 e o circuito 2 de válvula de regulação DN150.

## 5 MEDIDAS DE MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS ÓRGÃOS DE SEGURANÇA E EXPLORAÇÃO

A fase de exploração é a fase durante a qual a barragem vai desempenhar as funções para que foi concebida. Durante esta fase, o dono de obra deve garantir o cumprimento das regras de exploração e das atividades de controlo e segurança da barragem.

No que diz respeito ao controlo da segurança hidráulico-operacional este será realizado por inspeções e por aplicação das regras de exploração da barragem, relativas à operação dos equipamentos dos órgãos de segurança e exploração, conforme definido nos capítulos anteriores, às medidas de manutenção e conservação necessárias, bem como à verificação e eventual revisão dos critérios de projeto.

Um dos aspetos que mais contribui para a segurança da barragem, é a correta operacionalidade dos órgãos de segurança hidráulica, ou seja, o descarregador de cheias e a descarga de fundo.

É, assim, necessário durante a fase de exploração, proceder a ensaios do descarregador, com a finalidade de detetar eventuais anomalias de funcionamento. As possíveis anomalias poderão ter origem na própria má conceção inicial do descarregador ou por deteriorações ocorridas ao longo da vida da obra.

O artigo 40º “Inspeções na fase de exploração”, enuncia os objetivos dessas inspeções a realizar pela Autoridade e se possível com a presença do técnico responsável pela exploração, sendo nomeadamente:

- Inspeções visuais à barragem e zonas que possam ser afetadas pela exploração;
- Verificação das condições de manutenção e operacionalidade dos órgãos de segurança e exploração.

No final de cada inspeção deverá ser elaborado um documento a constar no livro técnico da obra.

Os principais problemas hidráulicos que podem ocorrer no descarregador de cheias, são:

- Separação do escoamento;
- Formação de vórtices;
- Ondulação anómala ao longo do descarregador;
- Vibrações induzidas em estruturas e equipamentos;
- Funcionamento hidráulico das estruturas de dissipação de energia diferente do previsto no projeto;

- 
- Projeções de água não aceitáveis, quer ao longo do canal, quer na estrutura de dissipação de energia;
  - Fenómenos pneumáticos associados à libertação de bolsas de ar aprisionado;
  - Erosão de cavitação;
  - Abrasão;
  - Subpressões não previstas no projeto;
  - Erosão não prevista no leito a jusante;
  - Erosão por recirculação de água a jusante do descarregador de cheias;
  - Assoreamento não previsto do leito do rio.

Na descarga de fundo, tal como no descarregador de cheias, deve proceder-se a ensaios durante a fase de exploração para a deteção de eventuais anomalias.

Os principais problemas hidráulicos relativos à descarga de fundo poderão ser:

- Separação do escoamento;
- Vibrações induzidas em estruturas e equipamentos;
- Funcionamento hidráulico das estruturas de dissipação de energia diferente do previsto no projeto;
- Fenómenos pneumáticos;
- Erosão de cavitação;
- Abrasão;
- Erosão não previsto no leito a jusante;
- Assoreamento não previsto do leito a jusante.

## **6 MEDIDAS DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

As medidas de manutenção dos equipamentos serão aplicadas após a recepção dos documentos de manutenção de cada equipamento fornecido em fase de obra.

O plano de manutenção dos equipamentos deverá assim ser elaborado e atualizado em fase de exploração.

No final de cada inspeção de manutenção dos equipamentos deverá ser elaborado um documento a constar no livro técnico da obra.

---

## **7 MEDIDAS A TOMAR NOS CASOS DE OCORRÊNCIAS EXCECIONAIS OU ANÓMALAS**

A medidas a tomar nos casos de ocorrências excepcionais ou anómalas encontram-se no Plano de Emergência Interno (PEI) desenvolvido e que se encontra no Volume 2 - Tomo 2.