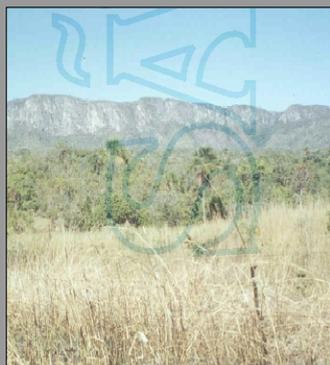
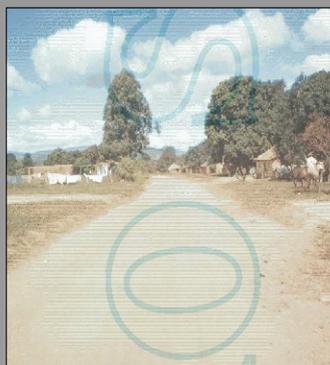
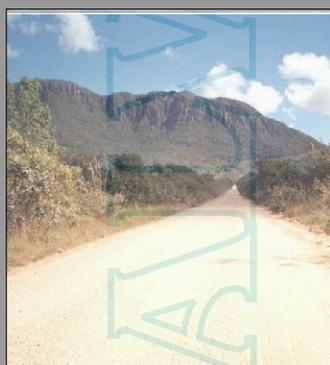


# ENGEVIX



## Estudo de impacto ambiental UHE SÃO SALVADOR

**Anexos**

**Volume IV**



## Anexo A. Capítulo I – Caracterização do empreendimento

## **A1. Fases de Desvio do rio Tocantins para construção da barragem**

A execução das diversas estruturas componentes da UHE São Salvador será realizada em duas fases de construção. Na primeira fase de construção o rio Tocantins escoará no seu leito natural parcialmente estrangulado por uma ensecadeira longitudinal ao rio com ombreiras na margem direita. Nesta etapa serão executadas as estruturas dispostas na margem direita e parcialmente no leito do rio.

A segunda fase de construção ocorrerá durante o período seco, sendo o rio desviado por vãos rebaixados do vertedouro. Nesta etapa serão executadas as obras de terra no leito do rio e finalizadas as obras na casa de força e vertedouro. Em função do cronograma de construção e de montagem, poderá ser necessária a construção de ensecadeiras de proteção do circuito de geração – tomada de água e casa de força, tendo sido programados os espaços requeridos para estas obras.

Deve-se observar que no dimensionamento das diversas estruturas de proteção dos desvios de primeira e segunda fase, considerou-se a contribuição do reservatório de Serra da Mesa para a retenção de cheias afluentes à este aproveitamento. Esta consideração é realista visto que estudos estatísticos revelaram a baixa probabilidade de vertimento do reservatório de Serra da Mesa durante a construção da UHE São Salvador. Deste modo, as vazões de dimensionamento para as estruturas de desvio (ensecadeiras, septos, vãos rebaixados etc.) foram consideradas para a vazão máxima turbinada da UHE Serra da Mesa (1.200 m<sup>3</sup>/s) adicionada à cheia proveniente da bacia incremental entre os aproveitamentos de Serra da Mesa e São Salvador.

Visto que, durante a construção da UHE São Salvador, o reservatório da UHE Peixe não terá sido formado, consideraram-se os níveis naturais de jusante para os dimensionamentos das estruturas de desvio.

### **Primeira Fase de Construção**

O início da primeira fase de construção estava prevista para julho (início das obras considerado para fins de cronograma) e terminaria em fevereiro. Esta fase seria dividida em duas etapas distintas de construção.

Numa primeira etapa, entre os meses de julho e setembro, o rio permanecerá no seu leito natural, sendo que na margem direita serão executadas a escavação comum e parte da escavação em rocha da casa de força e do vertedouro. A execução destas escavações será protegida por um septo natural, situado aproximadamente na El. 269,0, que proporciona proteção para cheias superiores a 100 anos de recorrência anual. A escavação comum, nesta fase, será predominantemente de aluvião. Durante este período será iniciado o lançamento de enrocamento da pré-ensecadeira de 1ª fase, com material obtido das escavações obrigatórias.

A segunda etapa compreenderia o período entre outubro e fevereiro. Durante esta etapa serão executadas as seguintes atividades principais:

- conclusão da ensecadeira longitudinal de 1ª fase.

- conclusão das escavações comum e em rocha da margem direita e em parte do leito do rio.
- construção da barragem de terra na margem direita e parcialmente no leito do rio (arranques para a segunda fase).
- construção das ensecadeiras auxiliares da tomada de água e casa de força (se requerido).
- construção das estruturas da casa de força e tomada de água. Início das atividades de montagens eletromecânicas.
- construção da estrutura do vertedouro (ogiva, muros de encontro e bacia de dissipação). Durante esta etapa os vãos 4, 5 e 6 do vertedouro permanecerão rebaixados na El. 259,0.
- montagem das peças fixas e comportas dos seis vãos do vertedouro.

Para esta etapa de desvio a área ensecada será protegida para vazões de até 3.325 m<sup>3</sup>/s. Esta vazão corresponde à vazão turbinada em Serra da Mesa (1.200 m<sup>3</sup>/s) adicionada à cheia de 100 anos de recorrência na bacia incremental entre Serra da Mesa e São Salvador (2.125 m<sup>3</sup>/s). Para propiciar esta proteção a ensecadeira longitudinal apresentará o seu tramo de montante coroado na El. 267,0 e o tramo de jusante coroado na El. 266,0.

A construção da ensecadeira iniciará com o lançamento de uma pré-ensecadeira diretamente no leito do rio. A pré-ensecadeira tem seu coroamento na El. 263,0 sendo constituída de enrocamento com diâmetro suficiente para não ser carreado pelo fluxo do rio. Este coroamento foi definido para uma vazão de 1.323 m<sup>3</sup>/s. Esta vazão corresponde a vazão turbinada em Serra da Mesa (1.200 m<sup>3</sup>/s) adicionada à vazão de 5 anos de recorrência para o período seco compreendido entre Junho e Setembro (123 m<sup>3</sup>/s).

A partir da El. 263,0, o alteamento da ensecadeira será realizado com solo compactado, protegido na face externa por uma camada de transição com 1,0 m de largura e uma camada de rip-rap com 2,0 m de largura. Os taludes externo e interno da ensecadeira terão inclinação de 1,75H:1,0V. O coroamento da ensecadeira no trecho de montante ficará na El. 267,0 e a jusante na 266,00. No fechamento da ensecadeira com a ombreira poderá ser necessário a construção de um "cut-off" de vedação da fundação.

Ainda nesta fase de desvio poderá ser necessária a construção das ensecadeiras auxiliares para a proteção das obras civis e montagens eletromecânicas da tomada de água e casa de força. Ambas as ensecadeiras protegerão a área ensecada para cheia de 100 anos de recorrência (período maio – outubro), considerando-se as mesmas premissas já descritas. Estas ensecadeiras terão as seguintes características:

- ensecadeira a montante da tomada de água: será do tipo enrocamento com núcleo, com 7,0 de largura de crista. O solo de vedação terá inclinação de

0,25H:1,0V em ambos os taludes e o enrocamento 1,2H:1,0V. A ensecadeira será coroada na El.269,0. O aterro da ensecadeira será todo compactado.

- ensecadeira a jusante da casa de força: será do tipo homogênea em solo com 7,0 de largura de crista. Ambos os taludes terão inclinação de 1,75H:1,0V. A ensecadeira será coroada na El.263,5. O aterro da ensecadeira será todo compactado.

A curva de descarga do desvio de 1ª fase foi obtida através de um cálculo de remanso ao longo do rio estrangulado. Neste cálculo, consideraram-se os níveis naturais de jusante (sem reservatório da UHE Peixe). No cálculo do remanso utilizou-se o programa HEC-RAS tendo sido adotado um coeficiente de Strickler de  $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  e um coeficiente de expansão de 1,0.

### **Segunda fase de construção**

A segunda fase de construção iniciar-se-ia em março e se estenderia até novembro, quando ter-se-ia início o enchimento do reservatório. Durante esta fase o rio escoará pelo vertedouro controlado com três vãos rebaixados na El. 259,0.

Durante esta fase serão efetuadas as seguintes atividades principais:

- construção das ensecadeiras de segunda fase;
- escavação, preparo, tratamento e limpeza da fundação da barragem de terra no leito do rio e margem esquerda;
- construção do aterro da barragem no leito do rio e margem esquerda;
- execução do concreto de 2º estágio dos vãos rebaixados do vertedouro, conformando a geometria final da ogiva;
- conclusão das montagens das unidades geradoras da casa de força.

Antes do início desta fase a ensecadeira de primeira fase será removida. O desvio do rio será efetuado através do lançamento, em ponta de aterro, do cordão de enrocamento da ensecadeira de montante. O referido cordão será executado a partir da margem esquerda do rio com lançamento de material granular diretamente no leito do rio. O material deverá apresentar dimensões adequadas para não ser carregado pelo fluxo. Eventualmente, poderá ser necessário o lançamento do cordão de jusante para diminuir o desnível do escoamento durante o desvio. Para o fechamento final da brecha, a vazão efluente da UHE Cana Brava poderá ser limitada a  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  por um período de 48 horas.

Após a conclusão da operação de fechamento do rio, as ensecadeiras de montante e de jusante serão alteadas até as cotas finais de coroamento. As ensecadeiras de montante e de jusante serão coroadas na El. 268,5 e 263,0, respectivamente. As ensecadeiras de 2ª fase (montante e jusante) serão parcialmente incorporadas ao maciço da barragem de terra. No início do período seco (mês de maio) as ensecadeiras já estarão concluídas proporcionando uma proteção para vazões de até

1.478 m<sup>3</sup>/s para cheia com recorrência de 50 anos e borda livre de 1,1 m e para vazões de até 1.505 m<sup>3</sup>/s para cheia com recorrência de 100 anos e borda livre de 1,0 m. Estas vazões correspondem à vazão máxima turbinada em Serra da Mesa (1.200 m<sup>3</sup>/s) adicionada às respectivas cheias de 50 anos e de 100 anos do período seco (maio a outubro) na bacia incremental.

A ensecadeira de montante terá seu arranque construído a seco, a partir do próprio aterro da barragem de terra do leito do rio, no recinto ensecado na primeira fase. Seu fechamento será na ombreira esquerda. Todos os materiais serão lançados em ponta de aterro, com um cordão de enrocamento com 5,0 m de largura, 1,0 m de transição e 2,0 m de solo de vedação na El.268,5, correspondente ao seu coroamento. O talude aproximado do enrocamento é de 1,3H:1,0V, da transição de aproximadamente 1,4H:1,0V e do solo de cerca de 2,5H:1,0V.

A ensecadeira de jusante de segunda fase terá seu encosto junto ao muro lateral da bacia de dissipação e fechará na outra margem no terreno natural, na ombreira esquerda. Todos os materiais serão lançados em ponta de aterro, constituídos por um cordão de enrocamento com 5,0 m de largura, 1,0 m de transição e 2,0 m de solo de vedação na El. 263,0 do seu coroamento. O talude aproximado do enrocamento será de 1,3H:1,0V, da transição de cerca de 1,4H:1,0V e o do solo de cerca de 2,5H:1,0V.

A curva de descarga de 2ª fase dos vãos concluídos foi obtida a partir dos critérios propostos pelo Bureau of Reclamation (ver Design of Small Dams). A curva de descarga dos vãos rebaixados foi obtida com a consideração de condições críticas do escoamento. Para as duas condições (vãos rebaixados e concluídos) consideraram-se coeficientes de contração de pilar e de ombreira de 0,01 e 0,1, respectivamente.

### **Concretagem dos vãos rebaixados**

O coroamento das ensecadeiras de segunda fase foram definidos com a água passando por dois vãos rebaixados e por três vãos concluídos. Esta consideração tem por base o fato de que, logo após a conclusão das ensecadeiras, já terá início a concretagem do quarto vão do vertedouro. Os vãos 5 e 6 do vertedouro serão concretados para sua configuração final, quando a barragem de terra no leito do rio / margem esquerda apresentar cota de proteção adequada. Em particular, o vão 6 do vertedouro será concluído pouco antes do início do enchimento do reservatório ou durante a fase inicial deste evento. O enchimento do reservatório estava previsto para ocorrer a partir de novembro.

Para o fechamento dos vãos rebaixados e a concretagem da ogiva para os níveis finais, serão utilizadas nos três vãos as próprias comportas segmento do vertedouro e a comporta ensecadeira. Os servomotores dessas comportas terão um prolongamento para permitir sua operação com a soleira na El. 259,00 m.

Após o fechamento do fluxo com a comporta segmento, serão instalados, em ranhuras provisórias executadas em uma seção a montante da ogiva definitiva, os onze painéis das comportas ensecadeiras definitivas do vertedouro. A jusante, será utilizada uma comporta provisória, do tipo anteparo, para evitar o refluxo por jusante. O lançamento

de ambos os conjuntos de painéis será realizado empregando-se um guindaste móvel sobre rodas, posicionado sobre o tabuleiro da ponte do vertedouro.

Os painéis da comporta ensecadeira de montante repousarão sobre uma soleira à El. 258,61.

A comporta do tipo anteparo, a ser provisoriamente instalada a jusante, terá as seguintes características principais:

- Quantidade de painéis 4
- Elevação da soleira 258,23 m
- Condições de manobra pressões equilibradas
- Máxima pressão estática na soleira 4,20 mca
- Largura do vão livre 15.400 mm
- Altura de cada painel 1.250 mm
- Posição da vedação a montante

## **A2. Barragens**

As obras de barramento da UHE São Salvador são constituídas por maciços de terra e terra-enrocamento, fechando a margem direita e o trecho do leito do rio e margem esquerda, além de trechos formados por barragens de concreto e de concreto compactado com rolo. Estas estruturas são descritas na seqüência.

### **Barragem de terra da margem direita**

A barragem de terra e terra-enrocamento da margem direita terá cerca de 540,0 m de extensão e 37,0 m de altura máxima. Será composta por seção homogênea, na maior parte da extensão do barramento (cerca de 500 m), com coroamento de 7,5 m de largura, dotada de filtro septo vertical, com 0,8 m de largura, e tapete drenante com 1,0 m de espessura, em princípio homogêneo. A inclinação dos taludes de montante e jusante serão iguais, de 2,1H:1,0V.

Em um trecho de aproximadamente 120,0 m de extensão está previsto o arranque da futura barragem para a estrutura da eclusa, com talude de jusante de 3,0H:1,0V e proteção externa do talude com enrocamento, com 3,00 m de espessura.

A barragem, nas proximidades do encontro com as estruturas da área de montagem/serviço, em uma extensão de cerca de 40,0 m, terá uma transição de seção homogênea para uma seção de enrocamento com núcleo (taludes com inclinação de 0,1H:1,0V para montante e 0,25H:1,0V, entre as elevações 289,00 e 277,50 e, daí para baixo, 0,55H:1,0V para jusante), com contato frontal do núcleo com o bloco de encontro, e o enrocamento abraçando a estrutura de concreto mencionada. Os taludes externos da seção em enrocamento terão inclinação de 1,3H:1,0V.

### **Barragem de terra do leito do rio / margem esquerda**

A barragem de terra do leito do rio / margem esquerda terá cerca de 360,0 m de extensão, com 33,0 m de altura máxima. O trecho em seção homogênea, de cerca de 320,0 m de comprimento, apresenta o mesmo zoneamento de materiais da barragem de terra da margem direita. O talude de montante é de 2,1H:1,0V e o de jusante é de 2,2H:1,0V. O trecho de transição entre barragem de terra e de terra-enrocamento se desenvolverá também numa extensão de 40,0 m, com seção de enrocamento com núcleo similar à da margem oposta, e mesmo sistema de fechamento com bloco de abraço em concreto, com inclinação dos taludes de 1,3H:1,0V. A barragem de terra do leito do rio irá incorporar parcialmente as ensecadeiras de montante e de jusante da segunda fase de desvio.

### **Análises de estabilidade da barragens de terra**

No Projeto Básico foram realizadas análises de estabilidade ao escorregamento dos taludes pelo método de equilíbrio limite, com uso dos programas de computador SEEP/W, para os estudos de percolação, e SLOPE/W, para a estabilidade dos taludes, ambos da Geo-Slope do Canadá.

Os casos de carregamento considerados nas análises de estabilidades dos taludes foram:

- término de construção – corresponde à condição de estágio anterior ao enchimento do reservatório e após o término da construção do aterro da barragem. As verificações de estabilidade foram feitas em termos de tensões efetivas e parâmetros de pressão neutra construtivos.
- rebaixamento rápido – corresponde a uma situação de emergência, com carregamento definido pelo deplecionamento do nível d’água do reservatório, entre as elevações máxima normal (El.287,00) e a da soleira do vertedouro (El. 265,00). Os estudos de estabilidade foram desenvolvidos em termos de tensões efetivas e as pressões neutras obtidas de redes de fluxo de rebaixamento.
- regime permanente – corresponde à condição de operação na qual o reservatório tenha atingido seu nível máximo normal (El.287,00), e o nível de água de jusante seja o mínimo operacional (El. 263,10). A verificação de estabilidade foi efetuada em termos de tensões efetivas e as pressões neutras obtidas de redes de fluxo em condição de operação estabilizada.

No Quadro a seguir é apresentada uma síntese dos resultados dos estudos de estabilidade efetuados.

**Quadro 1.  
Resultados dos Estudos de Estabilidade**

Estrutura	Seção	Caso de Carregamento	Fator de Segurança Mínimo	Fator de Segurança Atingido
Barragem de Terra – Margem Direita	Seção Homogênea Ombreira	4	1,50	1,64
		Fluxo Permanente – Sismo – a=0,05g	1,15	1,40
		Rebaixamento Rápido El.270,20	1,05	1,05
		Final de Construção – Montante	1,30	1,31
		Final de Construção - Jusante	1,30	1,38
	Seção de Terra-Enrocamento (Região do abraço)	Fluxo Permanente	1,50	1,50
		Fluxo Permanente – Sismo – a=0,05g	1,15	1,34
		Rebaixamento Rápido El.270,20	1,05	1,52
		Final de Construção – Montante	1,30	1,41
		Final de Construção - Jusante	1,30	1,44
Barragem de Terra – Margem Esquerda – Leito do Rio	Seção Homogênea Ombreira	Fluxo Permanente	1,50	1,62
		Fluxo Permanente – Sismo – a=0,05g	1,15	1,43
		Rebaixamento Rápido El.270,20	1,05	1,14
		Final de Construção – Montante	1,30	1,36
		Final de Construção - Jusante	1,30	1,37
	Seção Homogênea Leito do Rio	Fluxo Permanente	1,50	1,63
		Fluxo Permanente – Sismo – a=0,05g	1,15	1,44

**Quadro 1.  
Resultados dos Estudos de Estabilidade**

Estrutura	Seção	Caso de Carregamento	Fator de Segurança Mínimo	Fator de Segurança Atingido
		Rebaixamento Rápido El.270,20	1,05	1,15
		Final de Construção – Montante	1,30	1,36
		Final de Construção - Jusante	1,30	1,37
	Seção de Terra-Enrocamento (Região do abraço)	Fluxo Permanente	1,50	1,50
		Fluxo Permanente – Sismo a=0,05g	1,15	1,36
		Rebaixamento Rápido El.270,20	1,05	1,52
		Final de Construção – Montante	1,30	1,43
		Final de Construção - Jusante	1,30	1,43

### **Barragem de concreto compactado com rolo (CCR)**

Na direita hidráulica da tomada de água e a montante da área de montagem, serão construídos três blocos de CCR que integram o conjunto das obras de barragem. O último bloco da direita terá a função de fazer o encontro da barragem de terra da margem direita com a estrutura de concreto.

Estes blocos serão de concreto a gravidade com juntas de contração separando os blocos com largura de 16 e de 20 m. A altura máxima da barragem será de 32,0 m. O paramento de montante será vertical e o de jusante terá declividade constante de 0,75 H :1,0 V.

O concreto compactado a rolo será executado em camadas com espessura final compactada de 30 cm. Os primeiros lançamentos sobre a fundação serão executados com concreto convencional com espessura mínima de 15 cm, formando uma camada de base para isolar o concreto compactado da superfície rochosa e conformar uma praça adequada para o seu lançamento.

Na face de montante da barragem será executada uma camada de concreto convencional vibrado com a finalidade de reduzir a permeabilidade do maciço. A zona de concreto convencional terá largura medida na horizontal de 0,75 metro. O concreto convencional será executado simultaneamente com o CCR, camada a camada, no processo conhecido como “árvore de Natal”. Nos trechos das juntas de contração, a zona de concreto convencional será espessada para acomodar duas lâminas de vedajuntas de PVC e um dreno entre as lâminas.

Será lançada, sistematicamente, uma camada de argamassa de ligação com cerca de 1 cm de espessura cobrindo toda a extensão da camada já compactada, antes do lançamento da camada seguinte de CCR.

No paramento de jusante da barragem será executada uma zona de concreto convencional vibrado para conformar os degraus de jusante, visando as estruturas – lajes, que farão seu apoio neste paramento.

### **Bloco de ligação da casa de força/tomada de água e vertedouro**

Entre o bloco da casa de força/tomada de água e o vertedouro será construído um bloco de concreto convencional a gravidade, parte integrante das obras de barramento do empreendimento.

Este bloco terá 14 m de largura, 32 m de altura e paramento de jusante com declividade de 0,75H : 1V.

Na porção montante deste bloco, será construído um bloco de concreto armado, denominado Muro de Aproximação Direito, com a finalidade de melhorar as condições de aproximação do vertedouro e da tomada de água. Este bloco foi concebido como uma estrutura vazada, com 30m de altura e 11m de largura, contando com paredes de concreto armado. Sua parte interna (vazia) poderá ser preenchida por materiais granulares.

No coroamento, à El. 290,0, haverá uma ponte com a finalidade de passagem para o pórtico rolante do vertedouro/tomada de água e para permitir a ligação entre as margens.

### **Bloco de Encontro da Barragem de Terra e Muro de Aproximação Esquerdo do Vertedouro**

No lado esquerdo hidráulico do vertedouro será construído um bloco a gravidade de concreto convencional que terá a função de promover o encontro da estrutura com a barragem de terra-enrocamento do leito do rio. Este bloco terá 25 m de largura, 32 m de altura e paramento de jusante com declividade de 0,75H :1,0V.

Junto a este bloco, está também previsto um muro de contenção, similar ao Muro de Aproximação Direito, com finalidade de conter o enrocamento da barragem do leito do rio e também para melhorar as condições de aproximação no lado esquerdo do vertedouro. O bloco terá 30 m de altura, 9 m de largura e extensão para montante de 26,5 m. Este muro será também vazado e poderá ser preenchido com materiais granulares.

### **Galeria de drenagem longitudinal das obras de barramento de concreto**

O sistema de drenagem das estruturas de concreto, que irão compor as obras de barramento, será composto por galerias de drenagem, localizadas na parte de montante destas estruturas, dispostas longitudinalmente ao eixo da barragem. A presente descrição engloba a galeria de drenagem de todas as estruturas, que terão um comprimento total de 280,0 m, incluindo as galerias da tomada de água e do vertedouro. A partir destas galerias deverá ser executada também a cortina de injeção das estruturas de concreto.

A barragem de CCR contará com uma galeria de drenagem longitudinal que se conectará à galeria da tomada de água, vertedouro e os outros blocos de ligação de concreto. Esta galeria terá seu piso em dois patamares, um na El. 260,0 e outro na

El. 248,73. A saída da galeria nestes blocos será por meio de um poço com abertura na El. 277,5, onde está prevista a instalação de um sistema de insuflamento de ar para as galerias.

No bloco de ligação da casa de força/tomada de água e vertedouro, a galeria de drenagem terá seu piso na El. 260,0, tendo ainda saída em poço para a El. 290, por onde será possível a descida de equipamentos e também está previsto um sistema de exaustão de ar das galerias. O bloco de encontro da barragem de terra, localizado à esquerda hidráulica do vertedouro, contará com uma galeria de drenagem com piso na El. 265,50, havendo neste bloco um poço com saída na El. 277,50 (local também previsto para insuflamento de ar).

Ao longo da tomada de água, a galeria de drenagem terá seu piso na El. 248,73, enquanto que no vertedouro esta galeria ficará com piso na El. 254,50.

Todas as galerias descritas em cada estrutura estarão interligadas, sendo previstos poços de escada para as ligações entre os diferentes patamares dos pisos das mencionadas galerias.

Os poços para coleta e condução das águas de percolação, ficarão localizados: um no bloco da barragem de concreto convencional, que irá integrar o bloco lateral da casa de força (bloco B4) e que está imediatamente à esquerda hidráulica da tomada de água; e o outro de abraço da barragem de terra do leito do rio (bloco B6). Nestes poços para coleta serão instaladas bombas de recalque e tubulações de recalque com válvulas de retenção nas suas saídas, localizadas nos paramentos de jusante destes blocos.