

## IV-014 - AUMENTO DO VOLUME DE ACUMULAÇÃO EM BARRAGENS COM UTILIZAÇÃO DE FUSEGATE – APLICAÇÃO NA BARRAGEM DO RIO TAPERÁ

### **Rogério de Medeiros Netto<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil, mestre em Engenharia Ambiental Urbana pela Universidade Federal da Bahia (MEAU/UFBA). Engenheiro da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA).

### **Amarildo Evaristo Bonfim Moreno<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil, MBA . Especialista em Saneamento Ambiental pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Engenheiro da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Vicente Batalha, 367, apt. 602 – Costa Azul - Salvador - BA - CEP: 41760-030 - Brasil - Tel: +55 (71) 3342 – 1419 - e-mail: [rogerio.netto@embasa.ba.gov.br](mailto:rogerio.netto@embasa.ba.gov.br)

### **RESUMO**

A Ilha de Itaparica está situada na Baía de Todos os Santos, próximo a Salvador e a outras cidades do recôncavo baiano, o que leva a ser uma opção de veraneio para os habitantes destas cidades. Regiões com esta característica apresentam uma grande variação de demanda ao longo do ano, não sendo diferente no caso do SIAA de Itaparica, cuja demanda aumenta significativamente no verão. As características pluviométricas da região, aliada a sazonalidade da demanda, faziam com que, anualmente, um volume considerável fosse extravasado. Em 2015 houve uma diminuição da precipitação na área de contribuição da barragem do rio Tapera, manancial que atende ao SIAA de Itaparica, projetando a necessidade de se proceder a restrições no abastecimento. Diante destes fatos, a Embasa buscou alternativas para aproveitamento do volume extravasado, tendo-se optado pela implantação do sistema Fusegate, que consiste de elementos independentes de concreto e/ou de aço, apoiados sobre o vertedouro, aumentando assim o NA máximo da barragem. Considerando que a vazão média mensal captada entre abr/16 e out/16, período de menor demanda, foi de 460.932m<sup>3</sup>, o volume extra armazenado no período entre 24/07/16, data em que a barragem atingiu a cota de vertimento anterior (NA 15,60m) e 10/10/16, data em que atingiu o nível máximo após a instalação dos fusegates (NA 16,38m), 926.300m<sup>3</sup>; foi capaz de garantir mais 2 meses de abastecimento em períodos de baixa demanda. O sistema Fusegate implantado na barragem do rio Tapera atingiu os objetivos propostos, a um equivalente a pouco menos de 2 meses de faturamento do SIAA de Itaparica.

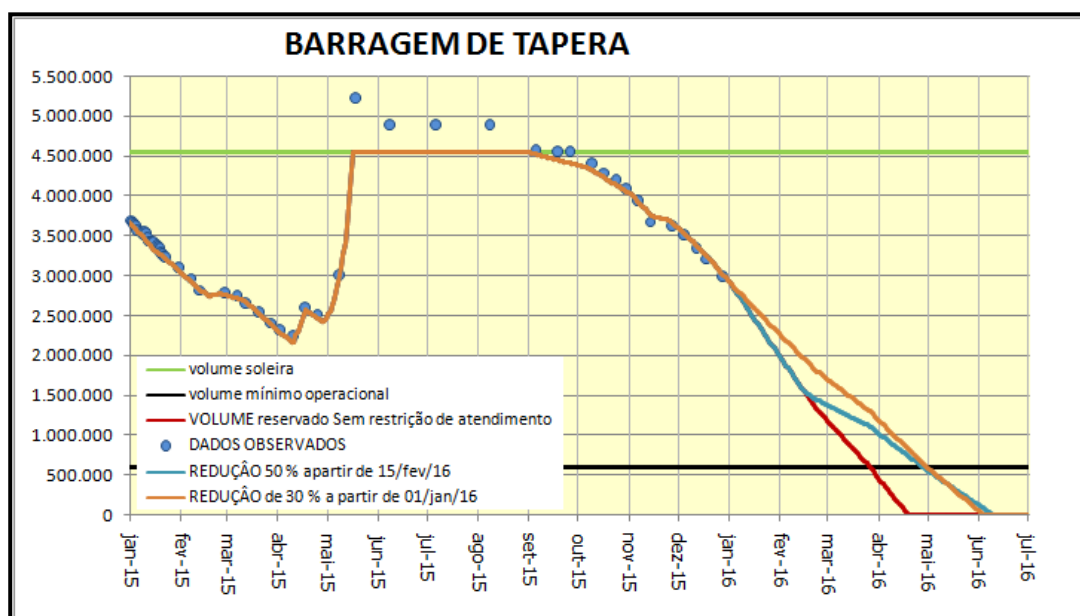
**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos Hídricos, Barragem, Aumento de Volume, Fusegate

### **OBJETIVO**

Este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados obtidos pela Embasa com a instalação do dispositivo Fusegate na barragem do rio Tapera com o objetivo de aumentar o volume reservado e, consequentemente, ampliar a vazão regularizada pela barragem e assim poder garantir a vazão distribuída para o SIAA de Itaparica.

### **JUSTIFICATIVA**

A diminuição da precipitação ocorrida no final de 2015 levou a que a Embasa realiza-se projeções para o volume acumulado esperado até o início do período chuvoso, o qual, normalmente, se dá em abril. Os estudos indicaram que o manancial estava por atingir o volume mínimo operacional no início do ano de 2016, próximo ao início do período chuvoso, levando ao risco de desabastecimento, como mostra a figura 1, a menos que se restringisse a oferta de água.



**Figura 1: Simulação do volume acumulado na barragem do rio Tapera para diferentes cenários de demanda em 2016.**

Além disso, analisando os dados relativos ao volume acumulado na barragem, observou-se que anualmente um volume considerável era extravasado, como mostra a tabela 1. Isto se dá pelo fato da Ilha de Itaparica estar situada na Baía de Todos os Santos, próximo a Salvador e a outras cidades do recôncavo baiano, o que leva a ser uma opção de veraneio para os habitantes destas cidades. Regiões com esta característica apresentam uma grande variação de demanda ao longo do ano, não sendo diferente no caso do SIAA de Itaparica, cuja demanda aumenta significativamente no verão.

Daí se buscou alternativas para aproveitamento desse volume extravasado, tendo-se optado pela implantação do sistema Fusegate.

**Tabela 1: Volumes acumulados e vertidos na barragem do rio Tapera (2010-2015).**

Ano	Início do Enchimento		Início do Vertimento		Ganho de Volume (m³)	Fim do Vertimento	
	Data	Volume Acumulado (m³)	Data	Volume Acumulado (m³)		Data	Volume Vertido (m³)
2010	12/04/2010	1.610.350	06/07/2010	4.557.000	2.946.650	26/09/2010	3.681.349
2011	08/04/2011	2.016.500	12/05/2011	4.557.000	2.540.500	19/11/2011	6.947.275
2012	19/05/2012	2.448.950	05/07/2012	4.557.000	2.108.050	31/08/2012	1.579.697
2013	18/04/2013	1.025.750	07/06/2013	4.557.000	3.531.250	07/11/2013	10.254.684
2014	28/04/2014	2.977.450	07/07/2014	4.557.000	1.579.550	09/10/2014	3.887.579
2015	10/04/2015	2.237.550	18/05/2015	4.557.000	2.319.450	04/09/2015	21.646.153

## O FUSEGATE

O Sistema Fusegate é um sistema de controle de vertedouros, formado por elementos independentes de concreto e/ou de aço, apoiados sobre o vertedouro e projetados para tombar durante eventos de cheias extremas, quando o nível do reservatório atinge uma elevação predeterminada. Os Fusegates permitem uma restituição progressiva e controlada das cheias extremas e, finalmente, aumentam a segurança das barragens impedindo o extravasamento.

Em comparação com as alternativas mecânicas, os Fusegates têm uma simplicidade de desenho que minimiza as potenciais falhas mecânicas e uma confiabilidade na precisão da gestão das cheias. Além disso, como o

sistema não é mecânico e não tem partes móveis, não requer verificações operacionais para provar o funcionamento satisfatório de seus componentes e também é menos sujeito ao desgaste e ao envelhecimento. A estrutura maciça proporciona baixa vulnerabilidade contra atos de vandalismo.

Os Fusegates ficam contidos contra pedestais (toe abutment) a jusante, instalados na soleira do vertedouro, para impedir o escorregamento dos mesmos. Os furos de drenagem (drain hole) escoam a entrada acidental de água na câmara de pressão do Fusegate (base chamber). Um poço de alimentação (inlet well) verte água na câmara quando a água chega a um nível predeterminado (os poços de cada Fusegate são colocados em níveis diferentes). A figura 1 mostra os componentes do Fusegate.

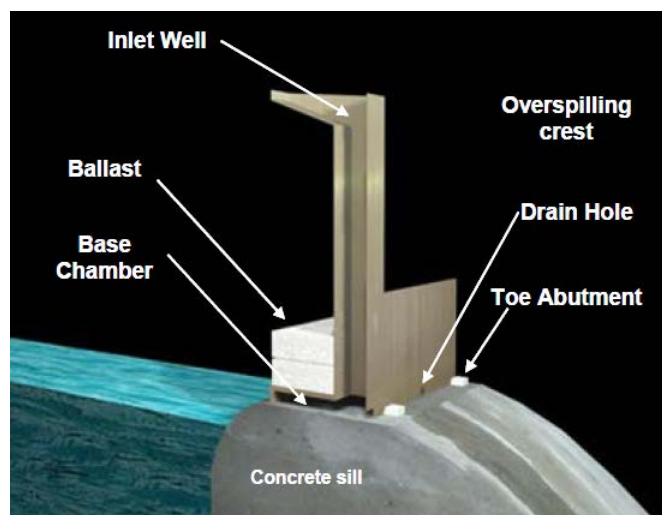


Figura 1 – Componentes do Fusegate.

Em condições normais os Fusegates armazenam água até sua crista. Durante eventos de cheias ordinárias, a água extravasa por cima da crista dos Fusegates que atuam como um vertedouro livre (figura 2). Quando de cheias extremas, a água entra no poço de alimentação e provoca uma sub-pressão na câmara (figura 3). Esta pressão, combinada com a pressão hidrostática, é suficiente para vencer as forças estabilizadoras e o desequilíbrio provoca o tombamento da unidade fora do vertedouro (figura 4).

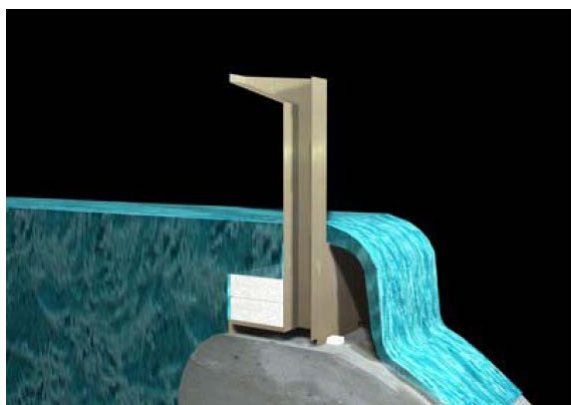


Figura 2 - Vertimento cheia normal.

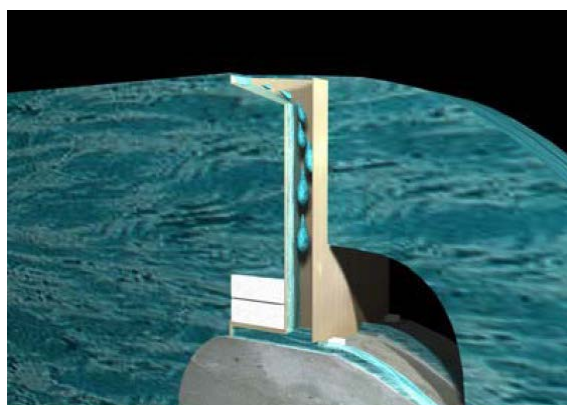


Figura 3 - Vertimento cheia extrema.

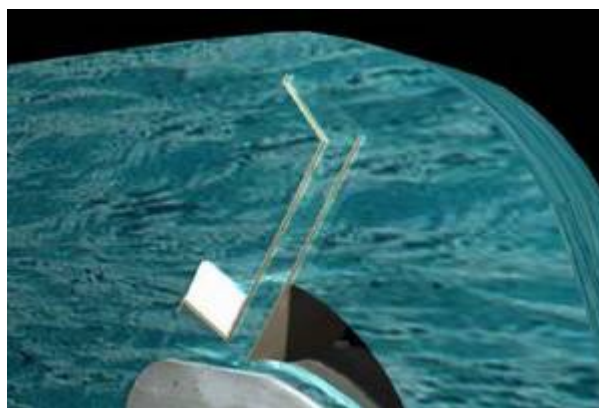


Figura 4 – Tombamento do Fusegate

Se o nível da água segue subindo depois do tombamento da primeira unidade, a unidade seguinte é ativada, ficando assim o vertedouro livre, de modo a permitir a passagem da cheia de projeto original. Até o tombamento do primeiro Fusegate, para cheias de muito baixo risco de ocorrência, há o benefício do armazenamento adicional de água.

Cada Fusegate tem um nível de água diferente para provocar o tombamento determinado pela altura da entrada de água no poço de alimentação e pela sua estabilidade. O funcionamento do sistema nos cenários das condições de colapso é analisado através de modelos reduzidos.

Apesar da necessidade de manutenção ser muito baixa, é necessário observar certas rotinas de inspeção e manutenção para monitorar o efeito das condições externas e manter os Fusegates em condições adequadas de funcionamento. Para tanto, é fornecido um Manual de Inspeção e Manutenção que define os procedimentos a serem realizados, que consistem de:

- Inspeções de rotina, realizadas, geralmente, a cada seis meses e também depois de acontecimentos relevantes (cheias importantes, sismos, etc), quando se faz uma verificação visual das diferentes partes do sistema (poço, base, vedações, etc.). Podem ser feitas ao mesmo tempo em que são feitas as inspeções de rotina da barragem.
- Inspeções anuais, quando se procede a uma verificação detalhada do sistema, e, para tanto, é recomendável espaço para o acesso de um operador a montante e a jusante dos Fusegates. A menos que seja constatado algum dano, não costuma haver necessidade de manutenção nos componentes dos Fusegates.
- Inspeções após longo período de funcionamento, realizadas, geralmente, a cada dez/vinte anos, sendo necessário que o nível do reservatório esteja baixo, até a base dos Fusegates, de modo a se realizar uma série de operações, tais como a remoção dos detritos acumulados, limpeza de todas as partes dos Fusegates, eventual substituição das porcas e dos parafusos danificados, eventual recuperação do concreto danificado, realização de uma nova proteção contra a corrosão das partes em aço, substituição das borrachas do sistema de vedação, etc.

A estabilidade de um Fusegate depende do deslocamento e da rotação. O deslocamento é impedido pela construção de pedestais (toe abutment) na soleira do vertedouro, à jusante de cada Fusegate. O Fusegate gira em torno do pedestal quando o momento tombador excede o momento estabilizador. O momento tombador é causado pelas forças hidrostáticas e pela subpressão, que se desenvolve na câmara do Fusegate (base chamber), quando a água penetra pelo poço de alimentação (inlet well). O momento estabilizador é gerado pelo peso próprio do Fusegate, dos contrapesos e da água nele contido.

## RESULTADOS OBTIDOS

A barragem do rio Tapera é uma barragem em terra com vertedouro lateral com capacidade para armazenar 4,54 Hm<sup>3</sup> na cota 15,60m. Com a implantação dos Fusegates a cota de vertimento da barragem passou para 17,04m, ampliando a capacidade de armazenamento em 39%, a um custo de R\$3.026.136,48, englobando a fabricação e instalação do Fusegate, bem como ajustes no corpo da barragem.

Foram projetados dois Fusegates, com dimensões de 1,84m de altura e 4,00m de largura, construídos em concreto pré-moldado e assentados, lado a lado, sobre a crista do vertedouro, Perfil Creager, formando uma barreira à passagem da água, como mostram as fotos 1 a 4. Como a base dos Fusegates era maior do que a crista do vertedouro, esta foi parcialmente demolida e ampliada, de modo a permitir o assentamento, como mostram as fotos 5 e 6. Devido ao aumento do nível da água na barragem, foi necessário alterar a estrutura de drenagem, aumentando a altura do dreno vertical, bem com ampliar o bordo livre (free-board) da barragem, utilizando-se para tanto, de estruturas de concreto pré-moldadas (foto).

Em 10/10/16, o nível d'água na barragem atingiu a cota 16,38, 0,78m acima do nível de vertimento original, resultando, nesta data, em um aumento de 20% do volume acumulado.



Foto 1 – Vista da base de assentamento dos Fusegates.



Foto 2 – Vista de jusante do assentamento dos Fusegates.



Foto 3 - Vista de montante do assentamento dos Fusegates.



Foto 4 – Fusegate assentado, visto de montante.



Foto 5 – Fusegates assentados, visto de jusante.



Foto 6 – Vista do Fusegate e do poço de alimentação, visto de montante.



Foto 7 – Vista do vertedouro original (jusante para montante).



Foto 8 – Vista da ampliação do vertedouro, observando-se os pedestais de contenção (montante para jusante).



Foto 9 – Vista do poço de alimentação, a montante do vertedouro (NA 14,53; em 17/06/16).



Foto 10 – Vista do poço de alimentação, a montante do vertedouro (NA 16,35; em 05/10/16).



Foto 11 – Vista dos Fusegates e do poço de alimentação (NA 16,34; em 24/05/17).



Foto 12 – Vista da estrutura de concreto instalada para elevar o bordo livre da barragem.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Considerando que a vazão média mensal captada entre abr/16 e out/16, período de menor demanda, foi de 460.932m<sup>3</sup>, o volume extra armazenado no período entre 24/07/16, data em que a barragem atingiu a cota de vertimento anterior (NA 15,60m) e 10/10/16, data em que atingiu o nível máximo após a instalação dos fusegates (NA 16,38m), 926.300m<sup>3</sup>; foi capaz de garantir mais 2 meses de abastecimento em períodos de baixa demanda, diminuindo assim a probabilidade de haver racionamento de água no SIAA de Itaparica, como chegou a ser cogitado no início de 2016.

## CONCLUSÃO

O sistema Fusegate implantado na barragem do rio Tapera atingiu os objetivos propostos, a um custo muito baixo, equivalente a pouco menos de 2 meses de faturamento do SIAA de Itaparica, considerando o faturamento médio de janeiro a outubro de 2016, R\$1.556.706,94.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HYDROPLUS. Aumento da Capacidade do Reservatório da Barragem Rio Tapera com o Sistema Fusegate. **Proposta Técnica e Económica**. Rio de Janeiro: Hydroplus, 2014. 16p.
2. FONSECA. Lucio Landim. Relatório Situacional do Sistema Integrado de Abastecimento de Água de Cações e Ilha de Itaparica. Salvador: Embasa, 2016.