

## XII-031 - PROGRAMA DE MONITORAMENTO E SEGURANÇA DE BARRAGENS DO SISTEMA PRODUTOR DO ALTO TIETÊ - SPAT

### **Habib Georges Jarrouge Neto<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Paraná, Pós Graduado em Engenharia de Túneis. Gerente de Projetos da GeoCompany e Diretor do Instituto de Engenharia.

### **Roberto Kochen<sup>(2)</sup>**

Professor Doutor em Engenharia Civil na Universidade de São Paulo – USP. Diretor Técnico da GeoCompany e Diretor do Departamento de Infraestrutura do Instituto de Engenharia.

### **Carla Aparecida Souza Di Liberato<sup>(3)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Nove de Julho. Tecnóloga em Obras Hidráulicas pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC/SP. Pós Graduada em Botânica e plantas ornamentais na Universidade Federal de Lavras - UFLA.

### **Leandro da Silva Batista<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Nove de Julho. Tecnólogo em Edifícios pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC/SP.

### **Michelle Gonçalves Sebata<sup>(5)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Mogi das Cruzes – UMC. Pós graduada em Gerenciamento de Projetos pela Faculdade Getúlio Vargas - FGV.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Sagitário 138, Torre City, Sala 607 – Alphaville – Barueri – São Paulo – CEP: 06473-073 – Brasil – Tel: +55 (11) 4195-4435 - e-mail: [habib@geocompany.com.br](mailto:habib@geocompany.com.br) .

### **RESUMO**

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os métodos e procedimentos do Programa de Monitoramento e Segurança das 5 barragens do Sistema Produtor do Alto Tietê (SPAT). Será apresentado e caracterizado o SPAT e em seguida apresentada a rotina e metodologias das equipes responsáveis pelo monitoramento manutenção, conservação e segurança das barragens.

**PALAVRAS-CHAVE:** Barragens, Monitoramento, Segurança, Alto Tietê, Sistema Produtor.

### **SISTEMA PRODUTOR ALTO TIETÊ - SPAT**

O SPAT (Sistema Produtor Alto Tietê) é um conjunto de cinco reservatórios (ou barragens) localizados entre Suzano e Salesópolis, concebidos visando o aproveitamento múltiplo de recursos hídricos, com ênfase para o controle de enchentes, abastecimento público, irrigação, diluição de esgotos e lazer.

Proposto dentro dos estudos do Plano HIBRACE - numa época em que o problema de enchentes na RMSP não era agravado pelo uso e ocupação cada vez mais indevida do solo; pela impermeabilização acentuada do solo; e grande quantidade de lixo jogado no Tietê -, teve sua implantação iniciada pela barragem de Ponte Nova, localizada no rio Tietê, no município de Salesópolis. A conclusão das obras ocorreu no início da década de 70.

De uma forma global, os cinco reservatórios (Ponte Nova, no rio Tietê, na divisa dos municípios de Salesópolis e Biritiba Mirim; Paraitinga, no rio Paraitinga, em Salesópolis; Biritiba, no rio Biritiba, na divisa dos municípios de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes; Jundiá, no rio Jundiá, em Mogi das Cruzes; e barragem de Taiaçupeba, no rio Taiaçupeba, na divisa de Mogi e Suzano ), dão auxílio importante para a redução nas vazões do Tietê e afluentes próximos à barragem da Penha, somando-se as obras de ampliação da calha do rio, especialmente no trecho Penha-Edgard de Souza.

Na Figura 1 é apresentado o desenho esquemático do Sistema Produtor Alto Tietê.

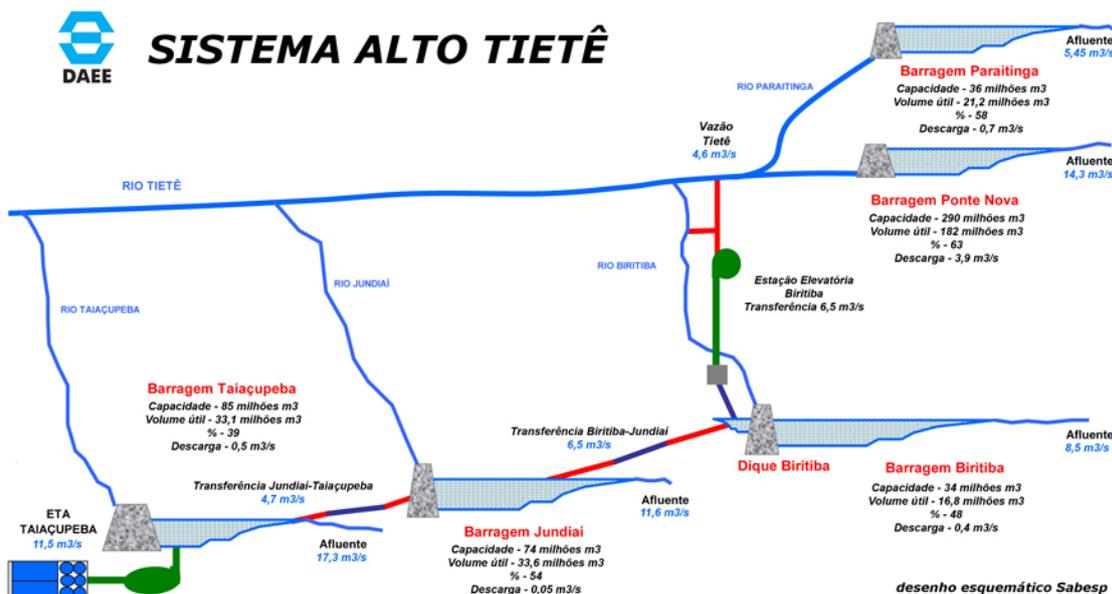


Figura 1– Desenho esquemático do SPAT. Fonte: site DAEE

## METODOLOGIA DE MONITORAMENTO E MANUTENÇÃO

O monitoramento das barragens, túneis e canais é realizado através de uma rotina de inspeções e estudos técnicos que visam permitir aos gestores terem as informações atualizadas e sistemáticas do comportamento das estruturas. São eles:

- Inspeção Rotineira nas barragens – São executadas por equipe especializada, como parte regular de suas atividades. A frequência dessas inspeções é mensal. Geram relatórios específicos, e comunicações de eventuais anomalias detectadas.
- Leitura e análise da instrumentação – As leituras são executadas com a mesma frequência das inspeções rotineiras por equipe específica. E a análise destes dados é executada por equipe especializada.
- Inspeção Rotineira em túneis e canais – São executadas por equipe especializada como parte regular de suas atividades. A frequência dessas inspeções é trimestral. Geram relatórios específicos, e comunicações de eventuais anomalias detectadas.
- Análises de fluxo – São executadas por equipe especializada, com frequência semestral. Nessas análises é feito o comparativo do resultado obtido da modelagem numérica do fluxo pelo interior da barragem através de um programa bidimensional de elementos finitos com as leituras da instrumentação executada mensalmente.
- Inspeção formal – São executadas por equipe especializada, diferente da equipe que executada a Inspeção Rotineira. A frequência dessas inspeções é anual. Geram relatórios específicos que dão base para a equipe da inspeção rotineira fazer o acompanhamento da evolução e tratamento das anomalias identificadas.
- Inspeção multidisciplinar – São executadas por equipe multidisciplinar que englobam especialistas em cada disciplina de interesse das barragens, túneis e canais. Para as barragens a equipe multidisciplinar é composta por especialistas das disciplinas de estruturas, geotecnia, hidráulica, elétrica e mecânica. A frequência dessas inspeções é bianual. Geram relatórios específicos que dão base para a equipe da inspeção rotineira fazer o acompanhamento da evolução e tratamento das anomalias identificadas.
- Reanálise e validação do estudo *dam break* – A reanálise do Estudo Dam Break é executado pela equipe técnica da GeoCompany/CabSpat/SABESP, onde é realizado a verificação do estudo de Ruptura das Barragens do Sistema Alto Tietê revalidando o mesmo. A frequência dessa reanálise é quinzenal para todas as barragens do SPAT, sendo que anualmente é feita a reanálise do estudo de

ruptura de uma das 5 barragens. Nesse estudo foi elaborado o mapa de alagamento da área de jusante de uma possível ruptura de cada barragem. Esse mapa de alagamento é utilizado para a elaboração dos Estudos Sócio Econômico Ambiental e Plano de Ação de Emergência.

- Reanálise Sócio Econômica Ambiental – A reanálise do Levantamento Sócio Econômico Ambiental é executada por equipe de sociólogos onde são verificados os aspectos sociais, econômicos e ambientais da área identificada no mapa de alagamento elaborado no Estudo Dam Break. A frequência dessa reanálise é quinzenal para todas as barragens do SPAT, sendo que anualmente é feita a atualização do Levantamento Sócio Econômico Ambiental de uma das 5 barragens. Esse estudo apresenta uma estimativa de impactos em uma possível ruptura de uma das barragens do SPAT.
- Reanálise do Plano de Ação de Emergência – PAE – A reanálise do Plano de Ação de Emergência é elaborado pela equipe técnica da GeoCompany/CabSpat/SABESP, onde estão estabelecidas as ações a serem executadas em uma situação de emergência, bem como identificados os agentes a serem notificados desta ocorrência. A frequência dessa reanálise é quinzenal para todas as barragens do SPAT, sendo que anualmente é feita a reanálise do PAE de uma das 5 barragens.

Após toda a metodologia de monitoramento informado são desenvolvidos planos de trabalho de manutenção e conservação com base nos apontamentos ou anomalias encontradas, Estes planos são estabelecidos tendo como base a respectiva disciplina de atuação. São eles:

- Conservação de Áreas Verdes – São executadas por equipe técnica especializada da CabSpat, como parte regular de suas atividades. A frequência estabelecida para essa conservação tem como premissa manter a cobertura vegetal com excelente aspecto e adequado para a sua função.
- Manutenção Civil – São executadas por equipe técnica especializada da CabSpat, como parte regular de suas atividades. Existe uma equipe dedicada e focada exclusivamente para a execução das manutenções necessárias com objetivo de manter o bom funcionamento de todas as estruturas civis das barragens.
- Manutenção Eletromecânica – São executadas por equipe técnica especializada da CabSpat, como parte regular de suas atividades. As equipes desenvolvem as manutenções com base nos planos de manutenção de cada equipamento ou instalação com objetivo de manter o bom funcionamento de todas as estruturas e equipamentos das barragens.
- Segurança Patrimonial – São executadas por equipe técnica especializada da CabSpat, como parte regular de suas atividades. As equipes são responsáveis por fazer o controle de acesso assim como realizar rondas motorizadas nas localidades.

## INSPEÇÃO ROTINEIRA NAS BARRAGENS

As inspeções rotineiras são executadas para se determinar as condições das partes integrantes das estruturas de barramento d'água.

É realizada, mensalmente em cada uma das barragens do SPAT a inspeção rotineira, que avalia a presença de anomalias nas barragens que possam afetar a sua segurança e/ou estabilidade, tais como trincas, umidades, focos de insetos e/ou pragas como cupins, formigueiros e etc.

A frequência desta inspeção pode ser reduzida em função de restrições sazonais.

A equipe de inspeção composta por um engenheiro civil especializado em segurança de barragens e um auxiliar caminha por todo o corpo das barragens, subindo e descendo os taludes e atravessando a crista a partir de uma ombreira até a extremidade oposta da barragem, cobrindo todo o seu corpo. Durante o trajeto são realizadas anotações e fotografias pertinentes, classificando as anomalias conforme apresentado a seguir:

- VERDE: Anomalias que devem apenas ser monitoradas
- AMARELO: Anomalias de baixo potencial de risco, que devem ser corrigidas na manutenção de rotina
- VERMELHO: Anomalias de maior potencial de risco, que podem afetar a estabilidade e segurança e, portanto, devem ser corrigidas em curto prazo de tempo.

Os dados da Inspeção rotineira são apresentados em formato de uma planilha com o acompanhamento das evoluções/tratamento das anomalias e em formato de relatório onde as anomalias são detalhadas e apresentadas junto ao memorial fotográfico da inspeção.



**Figura 2 – Imagem aérea da Barragem de Taiacupeba**

## LEITURA E ANÁLISE DE INSTRUMENTAÇÃO

O objetivo da leitura e análise da instrumentação é monitorar os principais modos de falhas para as barragens de terra do SPAT.

Os principais modos de falha de uma barragem de terra são: Galgamento; Instabilização Global; Instabilização Localizada; Erosão Interna e Liquefação.

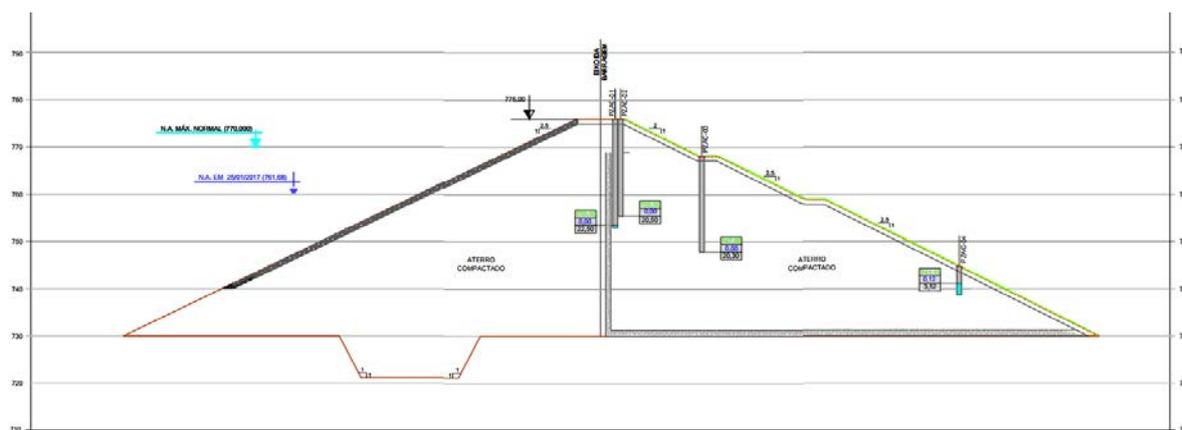
Para um acompanhamento efetivo, é feito o monitoramento da percolação, monitoramento das deformações e monitoramento das tensões totais.

É realizada, mensalmente em cada uma das barragens do SPAT a leitura e análise de instrumentação, que avalia a variação de linha piezométrica no maciço, bem como a sua movimentação, através de análise dos dados de piezômetros e marcos superficiais presentes desde a execução da barragem ou ainda cujo instalação foi solicitada dentro do programa de monitoramento e segurança de barragens.

A leitura é realizada em todos os instrumentos instaladas nas barragens e além dos dados de leitura propriamente dito, são analisadas as condições dos instrumentos, sua funcionalidade, identificação e acessibilidade.

O relatório apresenta mensalmente as leituras dos instrumentos, sua variação no tempo, a análise de comportamento da barragem, além de indicar as ações que devem ser realizadas em cada instrumentação presente para garantir seu funcionamento ao longo do tempo.

A Figura 2 apresenta a seção típica de instrumentação de uma das barragens do SPAT.



**Figura 3 – Apresentação típica de leitura de piezômetros em uma das barragens do SPAT.**

## INSPEÇÃO EM TÚNEIS E CANAIS

Os objetivos dos trabalhos de inspeção e monitoramento são: Prolongar a vida útil das estruturas subterrâneas e manter a segurança das mesmas. Os principais objetivos do processo de inspeção são:

- Recriar um ambiente dentro do túnel apropriado para o seu uso;
- Preservar a capacidade estrutural do túnel e resguardar o ambiente externo.

Os componentes básicos para a manutenção e gerenciamento de estruturas subterrâneas são a inspeção e o diagnóstico. Inspeção significa um exame das condições do suporte do túnel, identificando e mapeando e cadastrando as anomalias existentes. O diagnóstico é a avaliação da investigação, da observação e dos resultados obtidos identificando as possíveis causas responsáveis pela ocorrência das anomalias, sua ligação com a deterioração do concreto e a recomendação de eventuais medidas corretivas que garantam a integridade e a durabilidade de suporte do túnel.

Inicialmente coletou-se informações disponíveis sobre o projeto original e da construção do túnel. Ressalta-se que esta etapa é importante para se conhecer as condições do maciço em que o túnel se encontra, suas características geológicas e geotécnicas, e as condições hidrológicas do local. O histórico dos eventos atípicos ocorridos durante a operação do túnel também deve ser consultado.

Também se fez uma avaliação das condições de segurança dos túneis a serem inspecionados, uma vez que os mesmos poderiam apresentar gases perigosos, deslocamentos de concreto entre outras condições operacionais que podem causar acidentes.

A técnica utilizada para a inspeção dos túneis e canais, é a inspeção visual, que consiste no levantamento quantitativo e qualitativo das anomalias existentes nos elementos estruturais dos túneis em questão. Essas informações visam primeiramente fornecer subsídios para a análise da necessidade de ensaios complementares. Os ensaios complementares, se necessários, formam o conjunto de informações necessárias para a análise do estado de conservação da estrutura. O resultado da análise deste conjunto de informações são a base para a elaboração do diagnóstico final da estrutura.

A inspeção é realizada por equipe técnica especializada, com frequência trimestral nos túneis e canais do SPAT.

Como existe um calendário prévio para a rotina de inspeções, as inspeções costumam ser realizadas nos túneis e canais em níveis mais baixos possível, permitindo uma melhor visualização da equipe técnica que em algumas estruturas estará utilizando um barco para a realização da inspeção.

Os dados da inspeção em túneis e canais é apresentado em relatório específico que segue a mesma metodologia apresentada anteriormente para a inspeção rotineira nas barragens.



**Figura 4 – Vista do emboque do túnel de transferência Jundiá – Taiapuêba.**

## **ANÁLISES DE FLUXO**

As análises de fluxo apresentam a modelagem numérica de fluxo pelo interior das barragens do SPAT. O objetivo das análises é demonstrar como ocorre o fluxo no interior da barragem, e fazer o comparativo dos dados da modelagem com os dados verificados em campo durante as leituras dos instrumentos instalados em cada barragem, e verificar se o fluxo se comporta dentro da normalidade.

Estas análises são executadas pela equipe técnica da GeoCompany, com frequência semestral para cada uma das barragens.

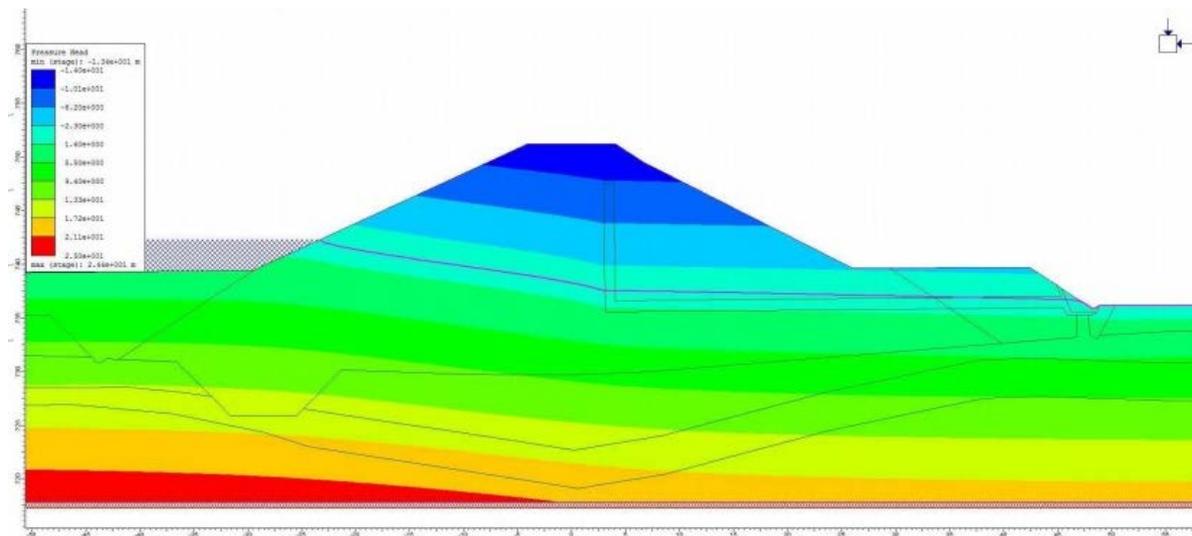
De forma complementar as informações de campo permitem que ao longo do tempo e acúmulo de leituras sejam refinados os parâmetros adotados para as análises de estabilidade e fluxo do maciço.

Os dados dessas análises, da normalidade ou anormalidade do comportamento do fluxo no interior da barragem, bem como medidas que sejam necessárias são apresentados em relatórios específicos para esse fim, com todos os dados considerados para a análise.

Para a modelagem é utilizado o programa RS2 (Phase<sup>2</sup>), da empresa canadense Rocscience, um programa bidimensional de elementos finitos para análise do comportamento de solos e rochas, que permite a avaliação de diversos problemas geotécnicos, como a análise de fluxo.

O programa modela o fluxo subterrâneo através de sólidos permeáveis, como o corpo da barragem. O modelo de fluxo pode ser implementado sozinho, independentemente de cálculo mecânico usual, ou pode ser feito em paralelo com um modelo mecânico para calcular os efeitos da interação fluido/solo.

A Figura 3 apresenta a seção típica de pressões hidrostáticas no interior de uma das barragens do SPAT.



**Figura 5– Apresentação típica de pressões hidrostáticas no interior de uma das barragens do SPAT.**

A Figura 4 apresenta a seção típica comparativa entre linha freática e leitura de piezômetro de uma das barragens do SPAT.

### **INSPEÇÃO FORMAL NAS BARRAGENS**

As inspeções formais são executadas para se determinar as condições das partes integrantes das estruturas de barramento d'água.

É realizada, anualmente em cada uma das barragens do SPAT, por equipe própria, porém deve impreterivelmente ser uma equipe diferente da equipe de inspeção rotineira. Assim como na inspeção rotineira, se avalia a presença de anomalias nas barragens que possam afetar a sua segurança e/ou estabilidade, tais como trincas, umidades, focos de insetos e/ou pragas como cupins, formigueiros e etc.

A equipe de inspeção é composta por um engenheiro civil especializado, com a participação da equipe de inspeção rotineira. A metodologia adotada é a mesma da inspeção rotineira. Também participam desta inspeção as equipes técnicas do operador e do proprietário das barragens.

Os dados da Inspeção formal são apresentados em relatório específico com o acompanhamento das evoluções/tratamento das anomalias, seus detalhadas, e apresentadas junto com o memorial fotográfico da inspeção. Os relatórios específicos desta inspeção dão base para a equipe da inspeção rotineira fazer o acompanhamento da evolução e tratamento das anomalias identificadas, ampliando assim o nível de detalhes, de debate técnico e por consequência a confiabilidade dos dados de inspeção, além de manter todos os interessados familiarizados com as condições e metodologias aplicadas na rotina de inspeções.

### **INSPEÇÃO MULTIDISCIPLINAR NAS BARRAGENS**

As inspeções multidisciplinares, também chamadas de inspeções especiais são executadas por equipe composta de especialistas das áreas de hidráulica, geotecnia, geologia, estrutural tecnologia do concreto, elétrica e mecânica, além de contar também com o acompanhamento do operador e proprietário das barragens.

A inspeção é realizada, com frequência bianual em cada uma das barragens do SPAT, intercalando com a inspeção formal.

A inspeção multidisciplinar, que além de abordar e incluir a inspeção formal das barragens, amplia o escopo de análise para todas as estruturas e disciplinas presentes na barragem.

Como a inspeção multidisciplinar segue um cronograma apresentado de forma antecipada e estruturado, as avaliações podem ser realizadas com o máximo rigor, que inclui o teste de equipamentos e acesso total as estruturas.

Os dados da inspeção multidisciplinar são apresentados em relatório que segue a mesma metodologia apresentada anteriormente para a inspeção rotineira e formal nas barragens, porém adaptado a cada uma das especialidades abordadas.



**Figura 6 – Estruturas inspecionadas na Barragem de Taiaçupeba.**

### **REANALISE E VALIDAÇÃO DOS ESTUDOS DAM BREAK**

O objetivo principal do estudo de ruptura de barragens “Dam Break” é a caracterização das diferentes hipóteses de ruptura de barragens analisadas, e os efeitos dessa ruptura, em termos da inundação resultante, nas cidades localizadas a jusante das estruturas.

Para as barragens do SPAT a simulação foi executada baseando-se em dois cenários pré-estabelecidos para barragens de terra. Os mecanismos de rompimento adotados foram o Overtopping e pipping levando a falência estrutural das barragens.

O estudo de reanálise e validação dos estudos de *dam break* de cada uma das barragens é realizado pela equipe técnica da GeoCompany/CabSpat/SABESP, com frequência quinquenal, porém a cada ano é apresentado o estudo referente a uma das barragens.

O estudo visa analisar a validade e a atualidade dos parâmetros adotadas para o estudo de ruptura da barragem. Visando garantir a precisão das informações e tomadas de decisão para o caso da ocorrência de uma situação extrema com a barragem.

Nesse estudo foi elaborado o mapa de alagamento da área de jusante de uma possível ruptura de cada barragem. Esse mapa de alagamento é utilizado para a elaboração dos Estudos Sócio Econômico Ambiental e Plano de Ação de Emergência.

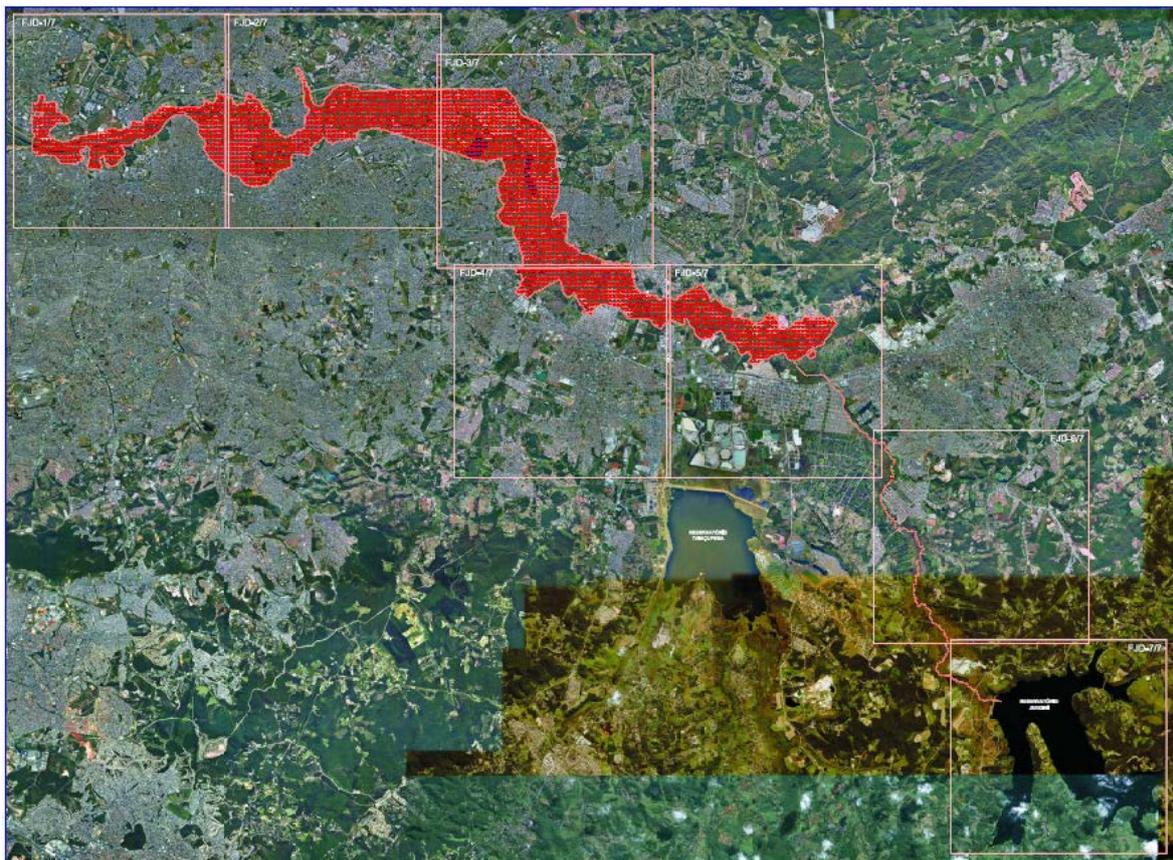


Figura 7 – Imagem da Área de Alagamento do Dam break da Barragem de Jundiá.

### REANALISE SÓCIO ECONÔMICA AMBIENTAL

O relatório de pesquisa sócio econômico ambiental tem como objetivo apresentar a identificação do impacto socioeconômico e ambiental que seria causado aos municípios atingidos pela onda de cheia em um possível rompimento das barragens do SPAT.

Os dados são levantados de diversas fontes, com o objetivo de melhor descrever as atividades sociais, comerciais, industriais econômicas, educacionais, culturais e de saúde de cada município, buscando mensurar esse impacto.

O estudo para a revisão do relatório de análise sócio econômica ambiental é realizado pela equipe técnica da GeoCompany/CabSpat/SABESP, com frequência quinquenal, porém a cada ano é apresentado o estudo referente a uma das barragens.

As áreas pesquisadas na elaboração deste estudo são definidas em função do mapa de alagamento apresentado no estudo de ruptura “Dam Break”.

| Município       | Extensão territorial (km <sup>2</sup> ) | Porção territorial atingida (%) | Área territorial atingida (km <sup>2</sup> ) | Área de impacto          |
|-----------------|---|---------------------------------|--|--------------------------|
| Guarulhos       | 317,85                                  | 1,29                            | 4,11   | Exclusivamente urbano    |
| Itaquaquecetuba | 82,59                                   | 12,26                           | 10,12  | Maior parte urbana e APA |
| Mogi das Cruzes | 713,30                                  | 0,24                            | 1,75   | Maior parte urbana e APA |
| Poá             | 17,48                                   | 2,53                            | 0,44   | Maior parte APA          |
| São Paulo       | 1.523,20                                | 0,28                            | 4,25   | Maior parte urbana e APA |
| Suzano          | 205,28                                  | 4,61                            | 9,46   | Maior parte APA          |

Tabela 1 – Área territorial municipal atingida em uma possível ruptura da barragem de Jundiáí.

### REANALISE DO PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL - PAE

O Plano de Ação Emergencial “PAE” das barragens do SPAT apresentam ações e procedimentos com um duplo objetivo: (1) Assegurar a estabilidade da barragem, de forma a preservar a população e as construções a jusante, e (2) minimizar os impactos, em intensidade e tempo de recuperação em eventuais situações de emergência que ponham em risco a estabilidade das barragens, podendo inclusive ocasionar a sua ruptura.

O PAE define responsabilidades e indica procedimentos para atuar em relação aos dois objetivos citados acima com atuação preventiva e atuação em resposta a uma emergência real.

O estudo para a revisão do PAE – Plano de Ação Emergencial é realizado pela equipe técnica da GeoCompany/CabSpat/SABESP, com frequência quinquenal, porém a cada ano é apresentado o estudo referente a uma das barragens. O estudo visa manter atualizado e preciso o fluxo de informações e as medidas de ação que devem ser tomadas em situações de emergência, além de definir quais as situações de emergência e como devem ser trabalhadas.



Figura 8 – Modelo de Gerenciamento de Crise apresentado nos PAE's.

## **CONSERVAÇÃO DE ÁREAS VERDES**

As rotinas de conservação de áreas verdes em barragens são necessárias para garantir as manutenções das estruturas.

A frequência destas atividades é definida através de um plano de manutenção inteligente no qual estabelece um intervalo menor nos períodos chuvosos e maior durante o período de estiagem.

Além dos serviços de roçada realizados em toda a cobertura vegetal das superfícies, também é feito um controle efetivo de combate as pragas que são prejudiciais para as estruturas.

Os dados da Conservação de Áreas Verdes são apresentados em formato de um relatório mensal com o acompanhamento dos serviços executados onde são detalhados através de memorial fotográfico.



**Figura 9 - Área de jusante da Barragem Taiaçupeba após a conservação de áreas verdes.**

## **MANUTENÇÃO CIVIL**

Os respectivos serviços de manutenção civil em barragens são identificados através dos monitoramentos realizados e são feitos apontamentos através dos relatórios. Com base nestes apontamentos são estabelecidos planos de manutenção preventiva.

A manutenção civil é realizada através de uma equipe exclusiva e capacitada, sendo que sua atuação é executada com base nos planos.

A equipe de manutenção é composta por um engenheiro civil, um técnico em edificações, um encarregado e uma equipe de manutenção com 4 oficiais e 4 ajudantes.

Além das manutenções realizadas também é feita a limpeza e asseio das estruturas com a utilização de 5 auxiliares de limpeza.

Os dados da Manutenção Civil são apresentados em formato de um relatório mensal com o acompanhamento dos serviços executados onde são detalhados através de memorial fotográfico.



Figura 10 - Limpeza na Casa de Válvulas da Barragem Jundiá.

## MANUTENÇÃO ELETROMECÂNICA

As atividades de manutenção eletromecânica nas instalações, abrangem a atuação das especialidades de elétrica e mecânica e são estabelecidas com base nas características dos equipamentos inseridos na estrutura de cada barragem, de modo a garantir a confiabilidade operacional do sistema SPAT.

Dentro da estratégia de atuação de cada instalação, foram desenvolvidos planos específicos de manutenção preventiva, além da implementação de práticas de manutenção preditiva, que propiciam um melhor acompanhamento e permitem maior assertividade na avaliação quanto a real condição operacional dos equipamentos. Além das práticas mencionadas, também se definiu um Mapa de 52 semanas, que assegura a execução das manutenções e testes em todos os equipamentos de forma sistêmica.

Para atender a esta estrutura e as demais instalações do sistema SPAT, a equipe de manutenção eletromecânica é composta por uma equipe 11 oficiais de manutenção, 14 técnicos, 02 encarregados e 01 Engenheiro, além de contar com o apoio da estrutura do departamento de Engenharia de Manutenção, formado por 03 assistentes administrativos, 01 analista e 01 Engenheiro.

Os dados das manutenções eletromecânicas realizadas, são apresentados mensalmente em relatório, onde são demonstrados todos os detalhamentos das atividades através de memorial fotográfico.



**Figura 11- Instalação de Válvulas Dispersoras na Barragem Ponte Nova**

## **SEGURANÇA PATRIMONIAL**

Os serviços de segurança patrimonial nas barragens no SPAT são serviços de extrema relevância para as estruturas, pois além de realizar o controle de acesso nas localidades também executam rondas específicas e motorizadas nas áreas operacionais.

Estas atividades contribuem para a segurança das estruturas, pois inibem o acesso de pessoas nas áreas operacionais.

## **RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Ao longo de 8 anos da implantação desse Programa de Monitoramento e Segurança das Barragens do SPAT, iniciado em 2009 e que segue até os dias atuais foi possível obter uma série de dados de comportamento das barragens ao longo do tempo e ciclos de surgimento de anomalias e manutenção das barragens, túneis e canais do sistema.

Esses dados permitiram a correta manutenção sistemática e programada desse importante sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo, além de permitir intervenções pontuais no tempo certo de forma que ao longo de todo o período do programa de monitoramento e segurança de barragens, mesmo com variações bruscas de volume que foram de vertimento em cheias recordes em 2010 até a mais dura seca da história paulista em 2015 o SPAT não teve nenhuma situação de emergência que tenha colocado em risco a estrutura das barragens, canais e túneis, em função de erros de manutenção. Preservando assim o patrimônio, as vidas e o abastecimento nas áreas de influência do SPAT.

## **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O Programa de Monitoramento e Segurança de Barragens do Sistema Produtor do Alto Tietê vem realizando desde 2009 o trabalho de inspeção e análise rotineira das barragens, túneis e canais que compõem o sistema, de forma que além de permitir as devidas intervenções no tempo correto, foi possível acumular conhecimento do comportamento dos maciços, refinar os dados de análise, conhecer e melhorar os ciclos de manutenção

preventivas e corretivas, além de fazer intervenções pontuais que garantiram a segurança do SPAT e de suas área de influência ao longo do tempo.

Recomenda-se que o Programa seja continuamente realizado, com as periodicidades já apresentadas e os dados continuem a ser colhidos, armazenados e utilizados na contínua melhoria do sistema de monitoramento e manutenção.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Manual de Instrumentação de Barragens, SABESP;
2. Manual de Reparos de Deficiências em Maciços de Terra e Enrocamento, SABESP;
3. Metodologia de Inspeção e Manutenção de Barragens, SABESP;
4. Manual de Inspeção de Barragens de Terra e Enrocamento, SABESP;
5. Barragens de Terra e Enrocamento – Estabilidade e Deficiências, SABESP;
6. Cálculo dos Índices e Classificação das Prioridades, SABESP;
7. Manual de Inspeção das Fundações e Ombreiras de Barragens, SABESP;
8. Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Infraestrutura Hídrica;
9. Lei 12.334 – Política Nacional de Segurança de Barragens.
10. Silveira Alves João Francisco Instrumentação e Segurança de Barragens de Terra e Enrocamento.