

## **I-032 - MODELAGEM COMPUTACIONAL DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS DO SUBSISTEMA ADUTOR LAGO NORTE/PARANOÁ DO DISTRITO FEDERAL**

**Alan Messias da Silva Oliveira<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Especialista em Transitórios Hidráulicos com Allievi pela *Universitat Politècnica de València (UPV)*. Especialista em Elaboração de Projeto Estrutural em Concreto Armado pelo Instituto de Ensino Superior Planalto (IESPLAN). Analista de Sistemas da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Quadra 210, Lote 08, Apt.502, Torre B, Ed. Residencial Yes – Águas Claras Sul - Brasília - DF - CEP: 71931-000 - Brasil - Tel: +55 (61) 3532-8883 - e-mail: [alanoliveira@caesb.df.gov.br](mailto:alanoliveira@caesb.df.gov.br)

### **RESUMO**

Nos sistemas de abastecimento de água ocorrem com frequência variações nas condições de operação, como por exemplo, a mudança na abertura de uma válvula ou mudança da velocidade de rotação de uma bomba. Essas perturbações provocam alterações na vazão e pressão ao longo do tempo, as quais são conhecidas com transiente hidráulico. Este fenômeno afeta o funcionamento do sistema, causando, desde efeitos menores como ruídos e vibrações até, em casos extremos, a ruptura e o colapso das instalações.

Este trabalho apresenta o estudo dos transientes hidráulicos das novas situações operacionais do Subsistema Adutor de Água Tratada das Regiões Administrativas do Lago Norte/DF e do Paranoá/DF, decorrentes da sua interligação com a nova estação de tratamento de água da CAESB, denominada ETA Lago Norte, a qual foi projetada para atender a uma necessidade hídrica emergencial do Distrito Federal em 2016/2017. Este trabalho evidencia a importância de uma avaliação criteriosa dos transientes nas fases iniciais de projeto e da utilização de uma ferramenta de modelagem computacional confiável.

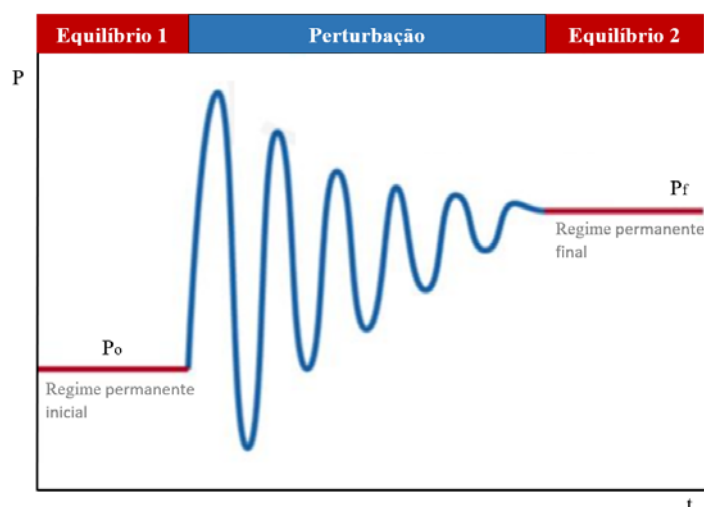
**PALAVRAS-CHAVE:** Transiente Hidráulico, Hidráulica, Modelagem Computacional.

### **INTRODUÇÃO**

Com a crise hídrica de 2016/2017, várias obras foram desenvolvidas pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB/DF, em caráter emergencial, para garantir o abastecimento de água da população do DF. Uma dessas obras foi a implantação de uma unidade com captação, tratamento e bombeamento de água tratada às margens do Lago Paranoá, na Região Administrativa do Lago Norte/DF, denominada ETA Lago Norte, inaugurada em 02/10/2017, com capacidade de produção de 700L/s e lançamento direto em uma adutora existente de 500mm do Subsistema Adutor de Água Tratada das Regiões Administrativas do Lago Norte/DF e do Paranoá/DF, conhecida também como Subsistema Adutor Lago Norte/Paranoá. Na fase inicial de projeto, foi realizada a modelagem computacional dos regimes permanente e transitório desse subsistema considerando a influência da Elevatória de Água Tratada da ETA Lago Norte.

A modelagem possibilitou quantificar os efeitos dos transientes hidráulicos e, com isso, estabelecer as proteções necessárias para manter as instalações do subsistema existente em condições de operação adequadas às especificações dos seus componentes, diante da implantação de uma nova unidade operacional.

Os transientes são gerados pela variação das condições de operação que se dá em uma instalação hidráulica, como o arranque ou parada de uma bomba, abertura ou fechamento de uma válvula ou a simples variação com o tempo da demanda dos usuários conectados a uma rede. De maneira simplificada, o que ocorre é que um sistema que inicialmente está em equilíbrio (regime permanente inicial), se ver afetado por alguma perturbação. Essa perturbação provoca um regime transitório com diferentes oscilações de pressão que vão evoluindo até estabilizarem, alcançando um novo equilíbrio (regime permanente final) – ver Figura 01.



**Figura 01: Oscilação da pressão em função do tempo gerado por uma perturbação.**

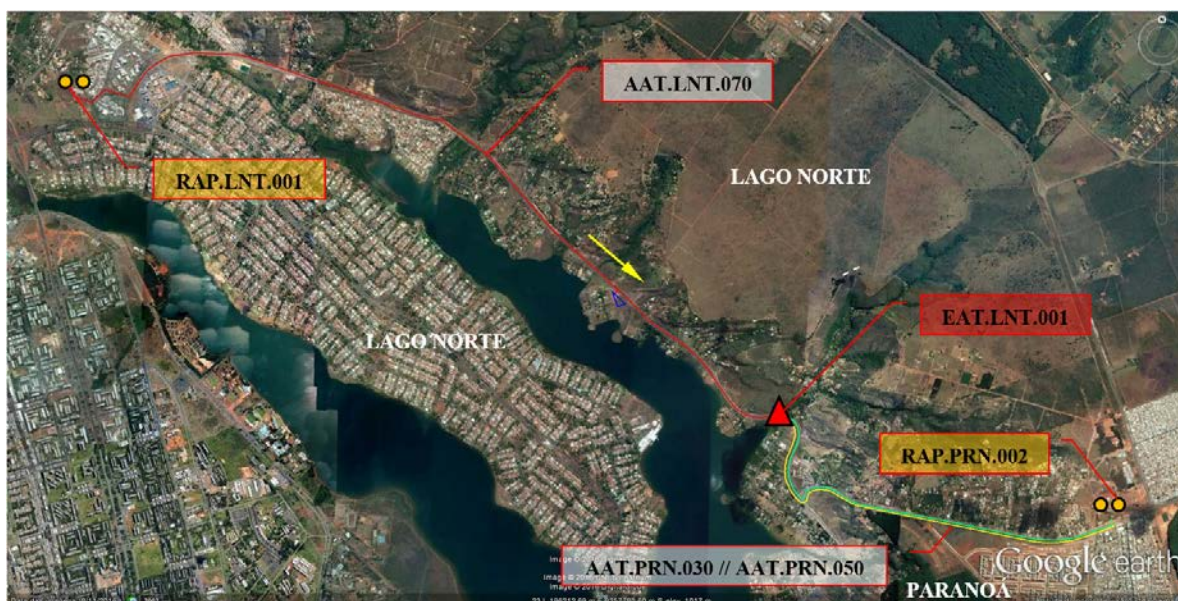
Em geral, perturbações mais bruscas originam transitórios mais rápidos e com maiores amplitudes das oscilações de pressão, como a parada incontrolada de uma bomba, fechamento rápido de uma válvula ou ruptura de uma tubulação. Sua análise deve ser muito mais rigorosa, uma vez que as consequências podem ser graves.

O Subsistema Adutor Lago Norte/Paranoá é constituído por dois centros de reservação (RAP.LNT.001 e RAP.PRN.002), uma elevatória de água tratada (EAT.LNT.001) e três adutoras de ferro fundido (AAT.LNT.070, AAT.PRN.030 e AAT.PRN.050). O fluxo da água neste subsistema, sem a ETA Lago Norte, começa no Reservatório RAP.LNT.001 (na cota 1.076,20m), deste segue por gravidade através da Adutora AAT.LNT.070 até a Elevatória EAT.LNT.001 (na cota 1008,50m), e desta a água é recalçada para o Reservatório RAP.PRN.002 (na cota 1.167,25) através de duas adutoras paralelas (AAT.PRN.030 // AAT.PRN.050), conforme apresentado na Figura 02. Na Tabela 01, constam informações adicionais sobre os elementos do subsistema mencionados acima.

**Tabela 01: Elementos do Subsistema Adutor Analisado.**

Nome do Elemento	Código da CAESB	Descrição
Reservatório Apoiado Lago Norte 1	RAP.LNT.001	Reservatório apoiado com duas câmaras de 5.000m <sup>3</sup> (Total=10.000m <sup>3</sup> ), localizado na Região Administrativa do Lago Norte/DF.
Reservatório Apoiado Paranoá 2	RAP.PRN.002	Reservatório apoiado com duas câmaras de 2.500m <sup>3</sup> (Total=5.000m <sup>3</sup> ), localizado na Região Administrativa do Paranoá/DF.
Elevatória de Água Tratada Lago Norte 1	EAT.LNT.001	Elevatória de água tratada constituída por três bombas de 300cv e uma bomba de 125cv, todas com inversor de frequência. Para proteção contra o golpe de aríete, a elevatória conta com <u>um reservatório hidropneumático de 24.000L</u> , com bexigas pressurizadas, instalado logo após as bombas, nas adutoras de impulsão (AAT.PRN.030 // AAT.PRN.050) e <u>duas válvulas de alívio de 200mm</u> na adutora de sucção (AAT.LNT.070), reguladas para abrirem quando a pressão atingir 90mca. A EAT.LNT.001 está localizada na Região Administrativa do Lago Norte/DF.
Adutora de Água Tratada Lago Norte 70	AAT.LNT.070	Adutora de água tratada de ferro fundido K7, 500mm de diâmetro nominal e com extensão de aproximadamente 9.880m. Ela começa no Reservatório RAP.LNT.001 e termina na Elevatória EAT.LNT.001. Esta adutora possui treze ventosas de tríplice função com abertura nominal de 100mm ao longo de seu comprimento.
Adutora de Água Tratada Paranoá 30	AAT.PRN.030	Adutora de água tratada de ferro fundido K7, 350mm de diâmetro nominal e com extensão de aproximadamente 4.895m. Ela começa na Elevatória EAT.LNT.001 e termina no Reservatório RAP.PRN. 002.
Adutora de Água Tratada Paranoá 50	AAT.PRN.050	Adutora de água tratada de ferro fundido K7 (paralela à Adutora AAT.PRN.030) de 400mm de diâmetro nominal e com extensão de aproximadamente 4.895m.





**Figura 02: Subsistema Adutor Lago Norte/Paranoá (Fonte da imagem de satélite: Google Earth).**

Com a implantação da ETA Lago Norte (na cota 1015,77) houve a mudança no sentido do fluxo da água em parte da Adutora AAT.LNT.070, conforme apresentado na Figura 03. Sem a ETA, o fluxo da água era do Reservatório RAP.LNT.001 para o Reservatório RAP.PR.002, conforme apresentado na Figura 02. Com a Elevatória de Água Tratada da ETA Lago Norte em funcionamento, o fluxo é da ETA para os dois reservatórios, localizados nos extremos do subsistema analisado.

A Elevatória de Água Tratada da ETA Lago Norte conta com quatro conjuntos motobombas centrífugas bipartidas axialmente, com inverso de frequência, sendo um conjunto reserva. A potência de cada conjunto é estimada em 500cv. Essa elevatória tem o objetivo de injetar água tratada diretamente na Adutora AAT.LNT.070 através de um conduto de Ø700mm e extensão de aproximadamente 50m. A vazão máxima de recalque desse sistema, com três bombas operando em paralelo, é de 700L/s.



**Figura 03: Subsistema Adutor Lago Norte/Paranoá com a ETA Lago Norte (Fonte da imagem de satélite: Google Earth).**

O desenvolvimento deste trabalho contou com o apoio da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB-DF).

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar o estudo dos transientes hidráulicos desenvolvido para as novas situações operacionais do Subsistema Adutor Lago Norte/Paranoá, decorrentes do funcionamento da ETA Lago Norte, com ênfase nos resultados, nos dispositivos de proteção adotados e nas adequações realizadas no subsistema para a nova contribuição.

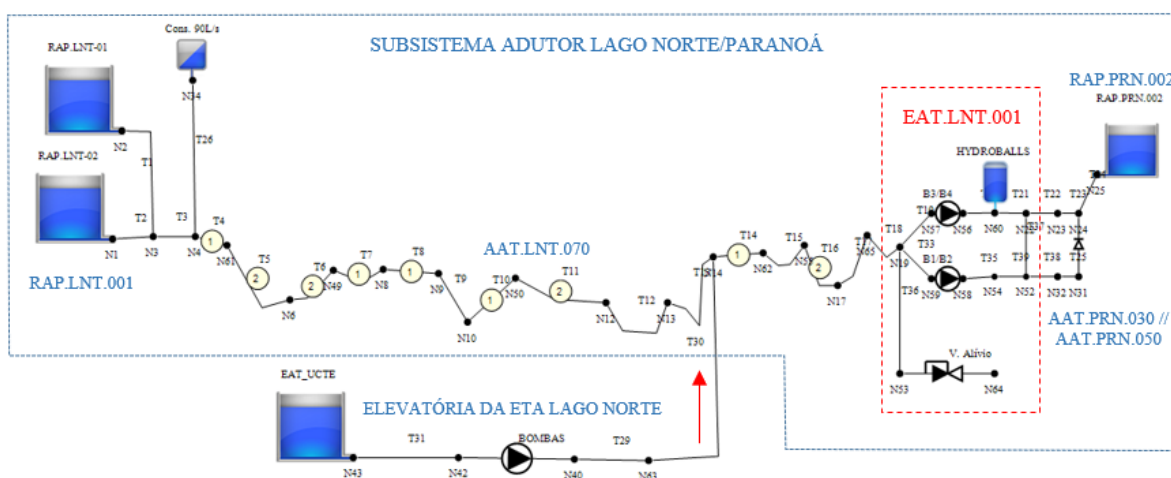
## METODOLOGIA UTILIZADA

Para a simulação dos regimes permanente e transitório e dimensionamento dos equipamentos de proteção, foi utilizado o Programa ALLIEVI da Universidade Politécnica de Valência – da Espanha, que utiliza como algoritmo de cálculo o Método das Características.

Foram simulados no programa vários cenários de operação envolvendo o arranque e parada das bombas da Elevatória da ETA Lago Norte e da Elevatória EAT.LNT.001.

De acordo com ABREU et al (2012), nas estações de bombeamento, os transitórios hidráulico mais violentos acontecem após o desligamento simultânea de todas as bombas por falha no fornecimento de energia elétrica. O que foi constatado no estudo em questão. O Transiente mais violento acontece com cenário operacional de paradas simultâneas das bombas da ETA Lago Norte e da Elevatória EAT.LNT.001 por consequência de falha no fornecimento de energia elétrica.

Para cada cenário, foi gerado no ALLIEVI as envoltórias das alturas piezométrica máximas e mínimas das Adutoras AAT.LNT.070, AAT.PRN.030 e AAT.PRN.050. A representação esquemática do subsistema no ALLIEVI está apresentada na Figura 04.

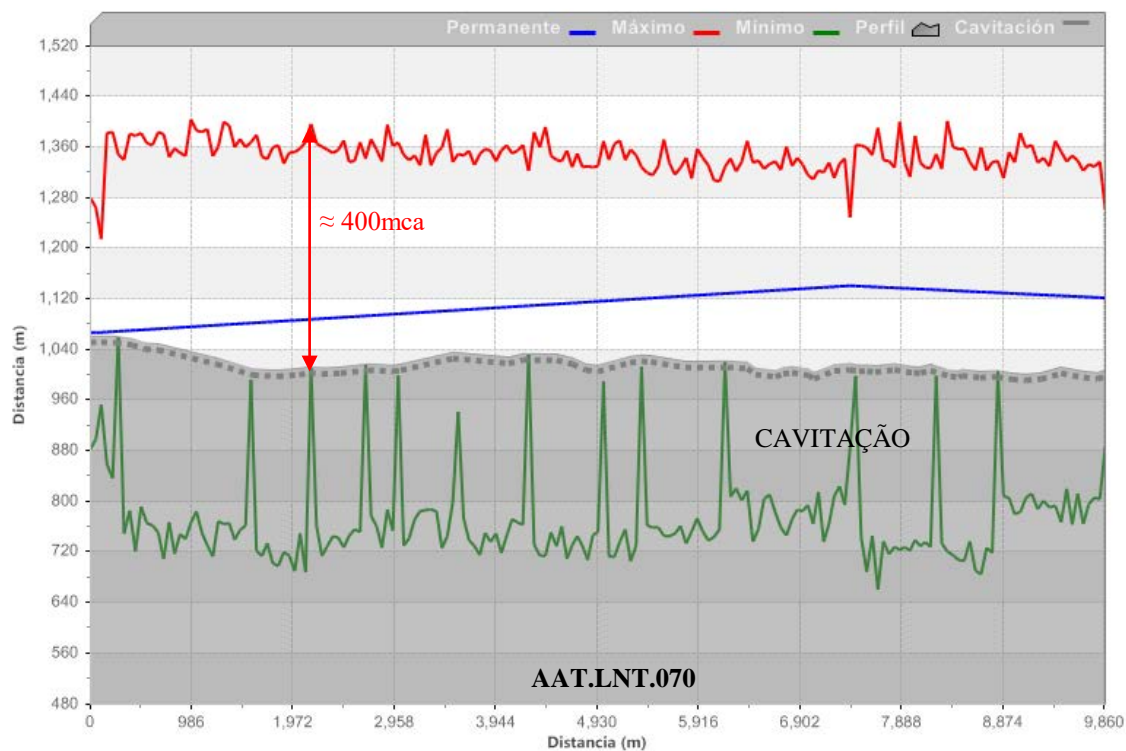


**Figura 04: Representação esquemática no ALLIEVI do Subsistema Adutor Lago Norte/Paranoá com a ETA Lago Norte sem proteção.**

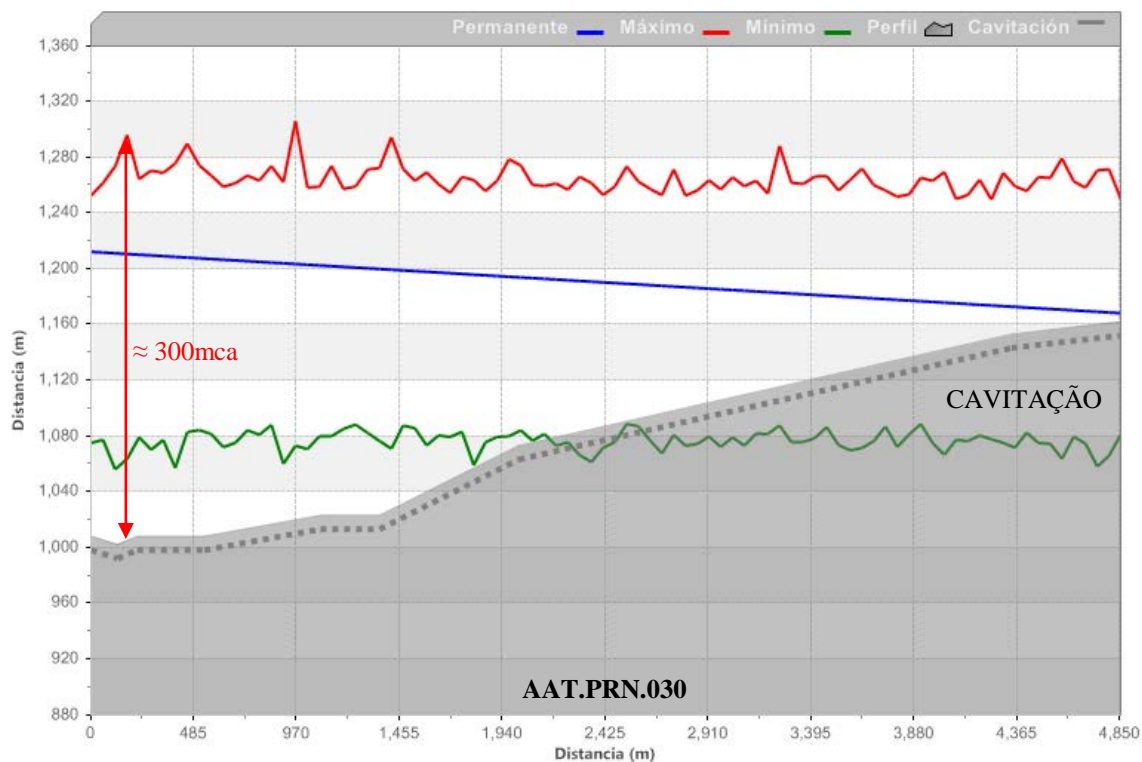
## RESULTADOS OBTIDOS

Ao simular a falta de energia simultânea nas duas elevatórias do subsistema adutor em estudo, para o regime permanente inicial com bombeamento da vazão máxima, sem dispositivo de proteção na Elevatória de Água Tratada da ETA Lago Norte, verificou-se, com a análise das envoltórias das alturas piezométricas máximas e mínimas em confronto com os perfis das adutoras (Figuras 05, 06 e 07), a ocorrência de cavitação em fluxo transitório em todas as adutoras do subsistema e pressões positivas elevadas, com um valor máximo de 400mca em alguns trechos da Adutora AAT.LNT.070, o qual ultrapassa a pressão máxima de serviço do próprio tubo de ferro fundido K7 da adutora em questão.

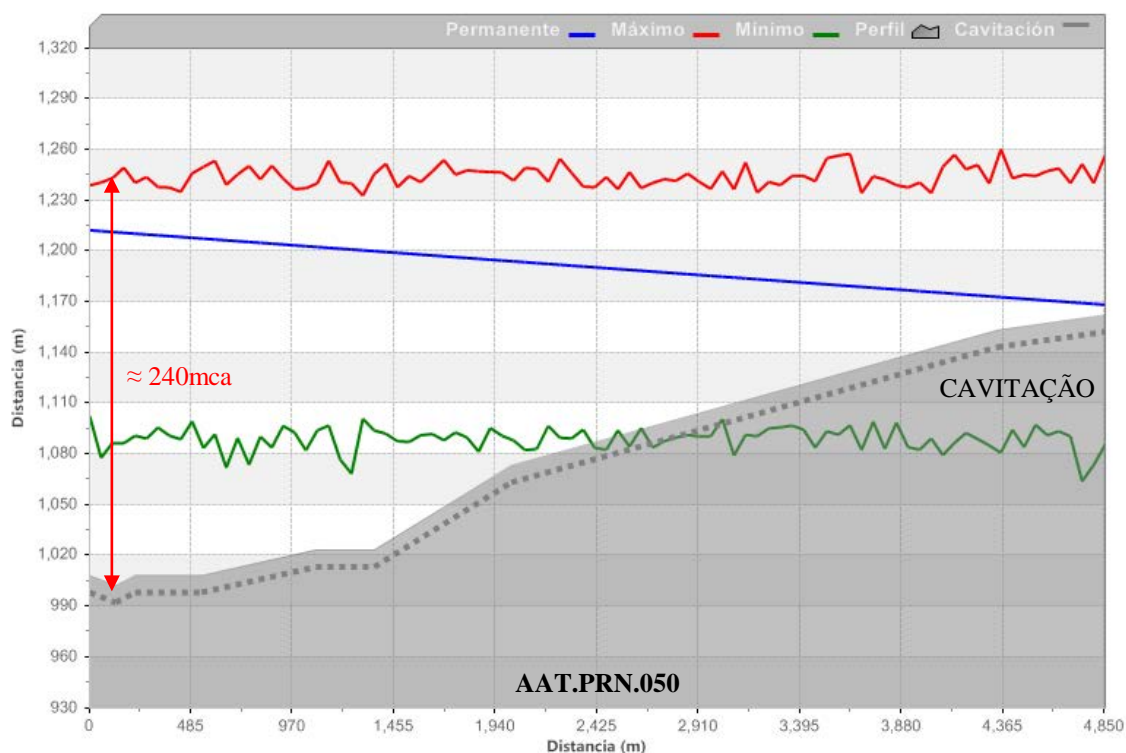




**Figura 05:** Envolvórias das alturas piezométricas máxima e mínima da Adutora AAT.LNT.070, para o subsistema sem proteção na ETA Lago Norte.



**Figura 06:** Envolvórias das alturas piezométricas máxima e mínima da Adutora AAT.PRN.030, para o subsistema sem proteção na ETA Lago Norte.



**Figura 07: Envoltórias das alturas piezométricas máxima e mínima da Adutora AAT.PR.N.050, para o subsistema sem proteção na ETA Lago Norte.**

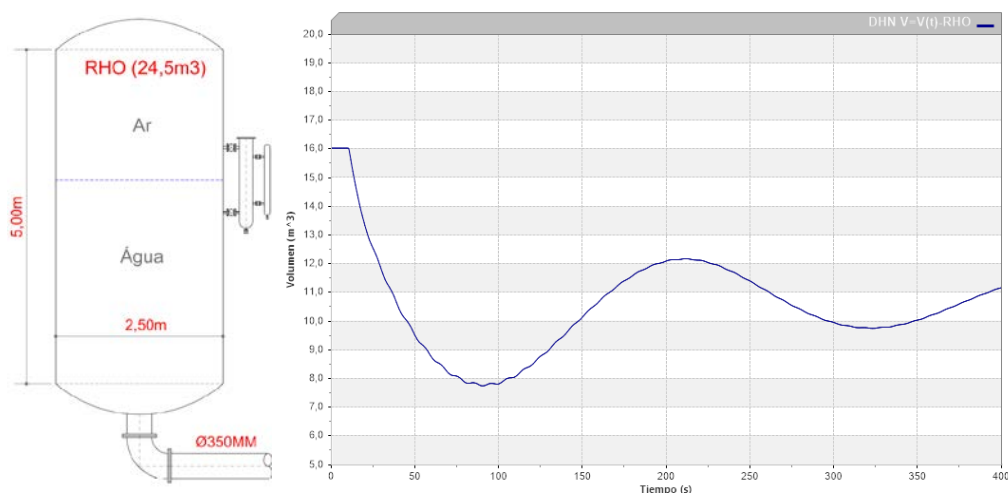
O vapor de água da cavitação, dependendo da sua intensidade, poderá atingir dimensões tais que podem ocupar toda secção da tubulação, dando origem a chamada “separação da coluna líquida”. Esse fenômeno é capaz de gerar picos elevados de pressão devido ao choque frontal do retorno das colunas na volta da onda positiva de pressão, colocando em risco os componentes da instalação.

Além do risco de ruptura dos condutos como consequência das pressões excessivas e choque do encontro das colunas de água, os efeitos das depressões sobre as juntas podem provocar movimentos dos mesmos e gerar possíveis pontos de fugas com risco de contaminação da água tratada.

Diante dos resultados do primeiro cenário (sem proteção na Elevatória da ETA Lago Norte), foram criados outros cenários com dispositivos de proteção, buscando eliminar as pressões negativas nas três adutoras e reduzir as pressões positivas à valores suportáveis pelos componentes existentes do subsistema. O cenário que apresentou o melhor resultado quanto à proteção em relação aos efeitos danosos dos transientes hidráulicos foi com a utilização de dois Reservatórios Hidropneumáticos – RHO’s, além de representar a solução de menor custo. Tais dispositivos foram previstos para serem implantados na adutora de impulsão da Elevatória de Água Tratada da ETA Lago Norte, juntos às bombas, que é o local onde se alcança a máxima efetividade de proteção do RHO, conforme ABREU et al (2012).

Os RHO’s são depósitos fechados que contêm água e ar ou nitrogênio a pressão adequada e cuja finalidade é amortizar o transitório gerado por uma manobra brusca no sistema. São utilizadas, preferencialmente, para proteger condutos de impulsão frente a paradas de bombas por falha de energia elétrica.

Cada RHO da ETA Lago Norte possui um volume total (do corpo cilíndrico) de 24,50m<sup>3</sup>, diâmetro interno de 2,50m e ramal de união de 350 mm. Na Figura 08 consta o gráfico da evolução do nível de água nos RHO’s da ETA Lago Norte no transiente hidráulico decorrente da parada simultânea de todas as bombas do subsistema adutor em estudo, para o regime permanente inicial com bombeamento da vazão máxima.

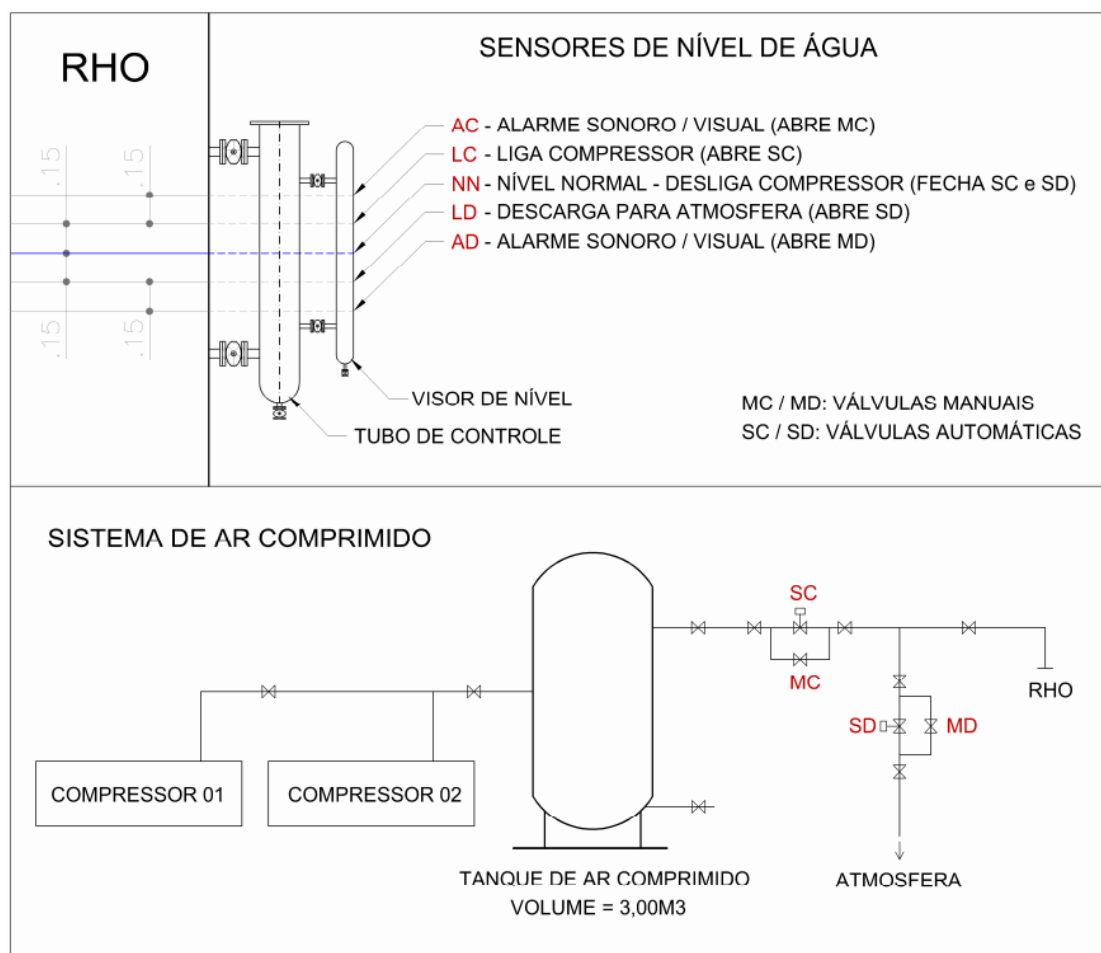


**Figura 08: Gráfico da evolução do volume de água dos RHO's da ETA Lago Norte no transitório mais violento.**

Diferente do reservatório hidropneumático da Elevatória EAT.LNT.001, os dois RHO's que foram projetados para a Elevatória da ETA Lago Norte são do tipo sem membranas, com contato direto entre a água e o ar. Este ar pode dissolver na água perdendo a massa necessária para proteção do subsistema. Para repor o ar dissolvido dos RHO's foi acoplado um sistema de ar comprimido, cuja sua concepção adotou como referência o sistema de ar da Elevatória de Água Bruta do Sistema Corumbá IV da CAESB/SANEAGO, projetado por KOELLE (2009).

O sistema de ar comprimido dos RHO's da Elevatória de Água Tratada de ETA Lago Norte possui dois compressores (1 operando + 1 reserva) que deverão manter, através de um sistema de controle, um volume normal de ar em cada RHO da ordem de  $8,5 \pm 1,5\text{m}^3$ . O sistema de controle comanda as válvulas do compressor de carga (**SC**) para repor o volume normal de ar e descarga (**SD**) para eliminar o ar em excesso, ver Figura 09. O acionamento dos controles é comandado por cinco sensores de nível de água (**AC**, **LC**, **NN**, **LD** e **AD**) em cada reservatório, separados de 150mm, acima e abaixo do nível normal de ar, conforme Figura 09.





**Figura 09: Sistema de ar comprimido dos RHO's da Elevatória da ETA Lago Norte.**

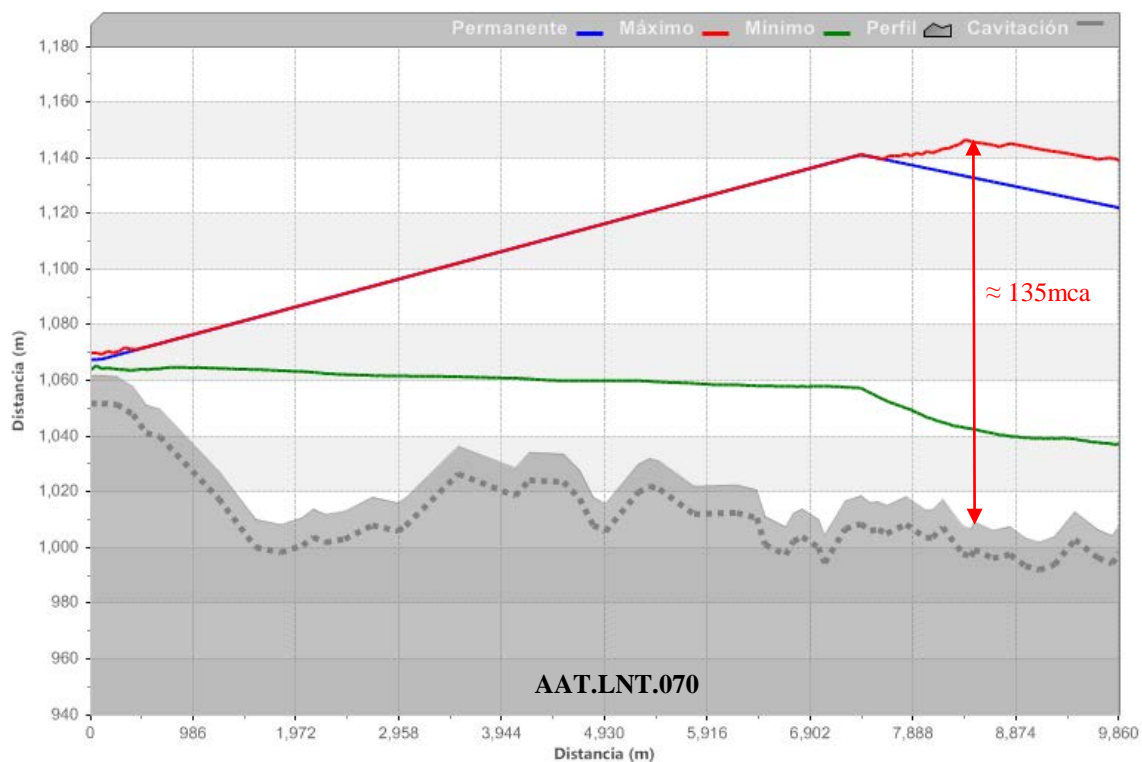
Para o Nível Normal – **NN**, fecha automaticamente as válvulas de carga de ar **SC** e descarga de ar **SD**. Os níveis **LC** e **LD** abrem automaticamente as válvulas **SC** (de carga de ar) e **SD** (de descarga de ar), respectivamente. E nos níveis extremos (sensores **AC** e **AD**), acima e abaixo do nível normal, atuam alarmes detectando as condições emergenciais que poderão ocorrer em casos de falha do sistema de controle, implicando a atuação do operador para abertura das válvulas manuais **MC** e **MD**, respectivamente.

Cada RHO conta também com um visor para ver em cada momento o nível de água em seu interior.

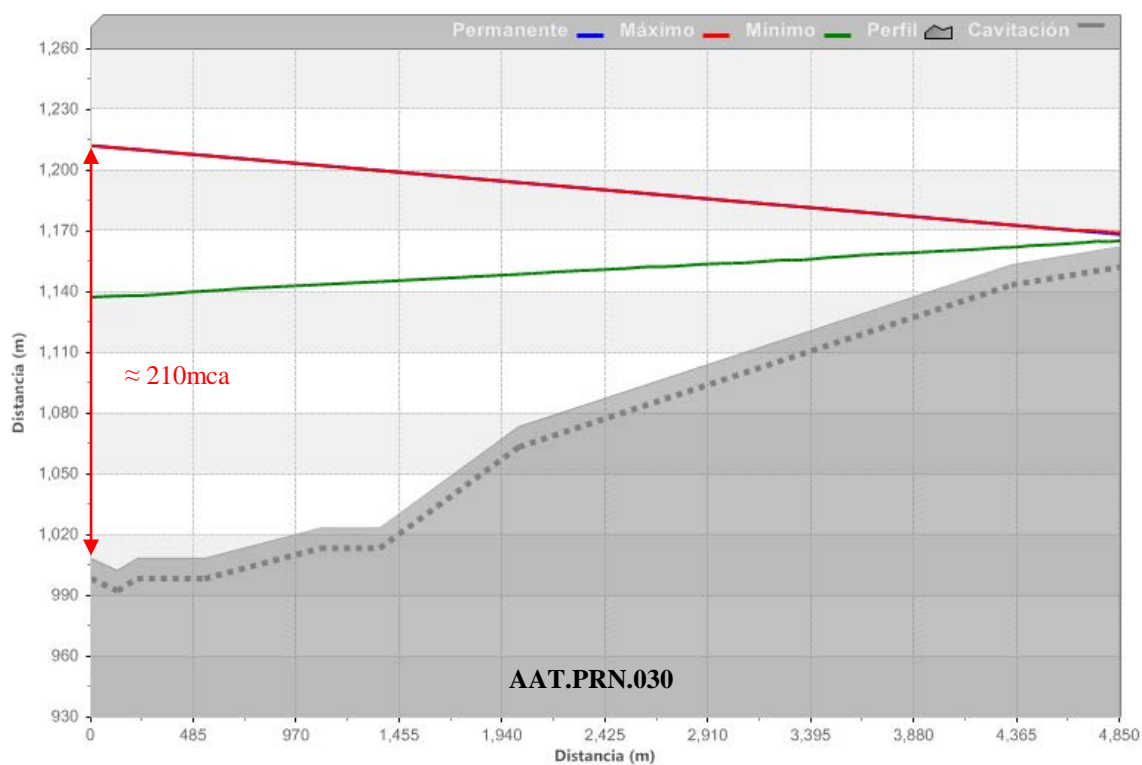
Outro equipamento de proteção selecionado para as elevatórias foi a válvula de retenção de fechamento rápido. De acordo com KOELLE (1998), o projeto do RHO exige consideração especial na especificação das válvulas de retenção das bombas, que deverão ser de fechamento rápido e, para isso, deverão possuir baixa inércia e curso reduzido.

No ALLIEVI, as válvulas de retenção a jusante das bombas são consideradas como elementos ideais, com fechamento instantâneo no mesmo momento em que a vazão na saída da válvula se transforma em negativo, sem chegar a ocorrer fluxo inverso.

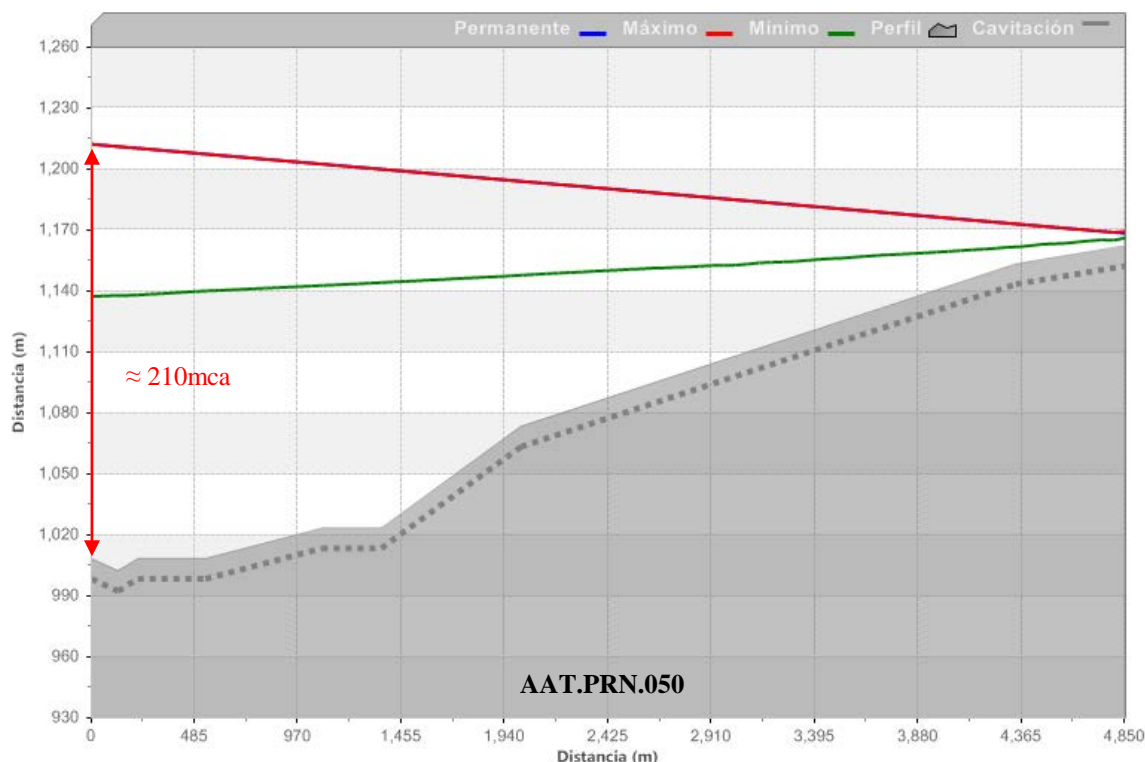
Nas Figuras 10, 11 e 12 são apresentadas as envoltórias das alturas piezométricas das Adutoras AAT.LNT.070, AAT.PRN.030 e AAT.PRN.050, respectivamente, para o subsistema protegido com dois RHO's de 24,5m3 cada e válvulas de retenção de fechamento rápido a jusante das bombas.



**Figura 10: Envoltórias das alturas piezométricas mínima e máxima da Adutora AAT.LNT.070, para o subsistema protegido com dois RHO's instalados na Elevatória da ETA Lago Norte.**



**Figura 11: Envoltórias das alturas piezométricas mínima e máxima da Adutora AAT.PRN.030, para o subsistema protegido com dois RHO's instalados na Elevatória da ETA Lago Norte.**



**Figura 12: Envoltórias das alturas piezométricas mínima e máxima da Adutora AAT.PRN.050, para o subsistema protegido com dois RHO's instalados na Elevatória da ETA Lago Norte.**

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No cenário utilizando os dois RHO's na Elevatória da ETA Lago Norte, não ocorreram pressões negativas e as sobrepressões geradas durante o transiente foram adequadas aos tubos de ferro fundido K7 das adutoras, conforme Figuras 10, 11 e 12. A redução na pressão positiva também proporcionou uma economia em relação às especificações de pressão dos componentes da Elevatória de Água Tratada da ETA Lago Norte. Entretanto, as sobrepressões da Adutora AAT.LNT.070 são superiores às pressões as quais o subsistema tinha sido projetado (sem a ETA), requerendo assim, as seguintes adequações:

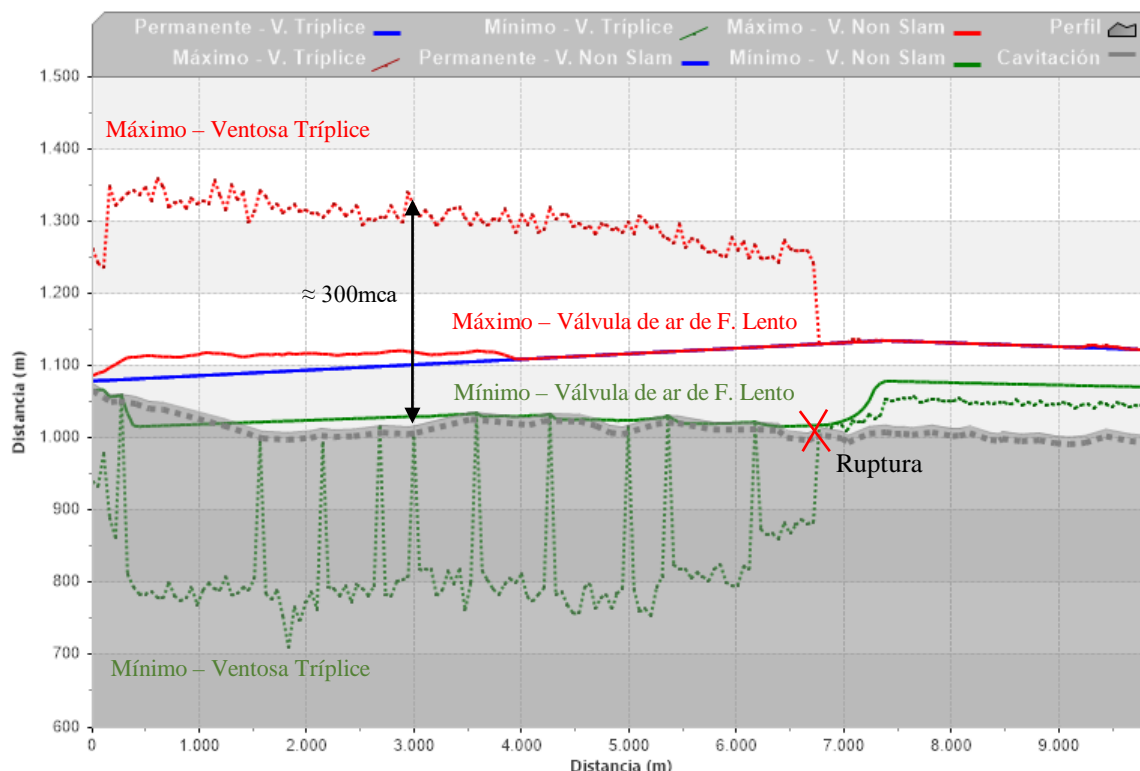
- Mudança na pressão de abertura das duas válvulas de alívio da sucção da EAT.LNT.001 de 90mca para 135mca.
- Reforço dos blocos de ancoragem da Adutora AAT.LNT.070 para o "Shutt-off" das bombas da Elevatória de Água Tratada da ETA Lago Norte (com as duas válvulas de alívio de pressão ajustadas para 135mca) que corresponde a situação operacional onde são geradas as maiores sobrepressões na Adutora AAT.LNT.070.

A situação operacional em que os dois RHO's da ETA Lago Norte são mais requisitados na fase transitória é a parada accidental simultânea das duas elevatórias, para o regime permanente inicial com bombeamento da vazão máxima. Entretanto, caso a parada accidental ocorra apenas nas bombas da ETA Lago Norte e as três bombas da Elevatória EAT.LNT.001 continue em funcionamento, pode acontecer o esvaziamento dos novos RHO's se a água estiver no limite inferior (nível **AD**) ao iniciar o transitório. Sendo assim, no caso de desligamento accidental das bombas da ETA Lago Norte, a Elevatória EAT.LNT.001 deverá ser desativada em seguida de forma automatizada e controlada.

No caso da Elevatória EAT.LNT.001, foi substituída a bomba de 125cv por outra de 300cv, igualando todas as bombas. Nesta elevatória, houve um aumento na sua capacidade de bombeamento devido ao incremento de pressão máxima na sua sucção de 47,00mca para 115,00 mca, permitindo assim o bombeamento máximo de

330L/s. Apesar dessa mudança, não houve a necessidade de outros dispositivos de proteção na Elevatória EAT.LNT.001, além do RHO existente de 24m<sup>3</sup>, e nem a necessidade de reforço dos blocos de ancoragem das Adutoras AAT.PRN.030 e AAT.PRN.050, uma vez que, as envoltórias de pressão positiva das adutoras praticamente não alteraram em relação a condição antiga de funcionamento.

Considerando as condições excepcionais e catastróficas previstas na ABNT NBR 12215-1/2017, foram simulados no ALLIEVI cenários de falha de um dos dispositivos de proteção e ruptura das adutoras, respectivamente. O cenário mais crítico simulado foi a de ruptura na Adutora AAT.LNT.070, em um local próximo ao ponto de interligação da ETA Lago Norte, que resultou na ocorrência de cavitações e pressões positivas elevadas, com valores em torno de 300mca em alguns trechos, conforme é apresentado na Figura 13 pelas linhas pontilhadas de máximo e mínimo, que correspondem as envoltórias da adutora para o cenário em questão.



**Figura 13: Envoltórias das alturas piezométricas mínimas e máximas da Adutora AAT.LNT.070 (Ventosas Tríplices x Válvula de ar de Fechamento Lento) – ruptura da adutora.**

As ventosas tríplices da Adutora AAT.LNT.070 atendem à função de introduzir ar com elevada vazão no esvaziamento controlado da adutora, de extrair ar com elevada vazão no enchimento controlado da adutora e de extrair ar com baixa vazão em pressões normais de funcionamento. Contudo, não atendem ao transiente quando as pressões negativas atingem essas ventosas, onde as bolsas de ar e colunas de água estarão em movimento sem controle no interior da tubulação. As bolsas de ar podem ser comprimidas pelas colunas de água em movimento e expulsas através das ventosas com velocidades elevadas, de maneira que no momento em que as ventosas fecham, se pode gerar um pico de pressão elevado. Esse fato explica as pressões elevadas que acontecem no cenário de ruptura da adutora.

Como solução, pode-se utilizar válvulas de ar especiais que são adequadas para o enchimento e esvaziamento dos condutos e que ao mesmo tempo minimizem os efeitos prejudiciais que se pode gerar na expulsão do ar durante os transitórios.

Sendo assim, as ventosas de tríplice função da Adutora AAT.LNT.070 foram substituídas por válvulas de ar de fechamento lento, para evitar choques hidráulicos no fechamento dessas válvulas. Com essa alteração



minimizou os efeitos prejudiciais do transiente, no cenário de ruptura da adutora AAT.LNT.070, conforme é apresentado na Figura 13 pelas linhas contínuas de máximo e mínimo, que correspondem as envoltórias da adutora para o cenário em questão.

A válvula de ar de fechamento lento possui um dispositivo que, em função da velocidade do ar, fecha e reduz a saída de ar, permitindo apenas uma descarga lenta. Desta forma, a bolsa de ar aprisionada na tubulação amortece o fluxo de água evitando que, quando se produza o fechamento total da válvula de ar, a velocidade da coluna de água seja elevada.

Para a simulação dos transientes no Allievi, foram utilizadas as curvas de admissão e expulsão de uma válvula de ar de fechamento lento de 2". A admissão de ar deverá ser numa vazão de 9,44m<sup>3</sup>/min para uma depressão interior transitória da ordem de 0,3bar (3mca). E o ar deverá ser expulso com uma vazão de 1,44m<sup>3</sup>/min para uma pressão interna de 0,7bar (7mca), através do dispositivo de fechamento lento.

## CONCLUSÕES

O ALLIEVI demonstrou ser uma ferramenta eficiente para a modelagem computacional dos transitórios hidráulicos e dimensionamento dos dispositivos de proteção contra o golpe de aríete. Os gráficos resultantes das simulações permitiram elucidar e justificar a solução recomendada para a operação do subsistema adutor, sem riscos de danos aos seus componentes.

Os reservatórios hidropneumáticos dimensionados para a Elevatória de Água Tratada da ETA Lago Norte apresentaram excelentes resultados na atenuação dos picos de pressões máximas e mínimas resultantes do transitório hidráulico. Entretanto, para a proteção adequada do Subsistema Adutor Lago Norte/Paranoá contra os efeitos danosos do transiente hidráulico foram necessários também os reforços dos blocos de ancoragem da Adutora AAT.LNT.070, a substituição das ventosas tríplice função da Adutora AAT.LNT.070 por válvulas de ar de fechamento lento, ajuste da pressão de abertura das válvulas de alívio da sucção da Elevatória EAT.LNT.001 de 90mca para 135mca e a utilização de válvulas de retenção de fechamento rápido.

Os equipamentos de proteção viabilizaram a implantação de uma nova unidade operacional integrada ao subsistema existente, proporcionando o aproveitamento máximo dessas instalações com segurança operacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, J., CABRERA, E., ESPERT, V.B., GARCÍA-SERRA, J., SANZ, F. *Transitorios Hidráulicos – Del régimen estacionario al golpe de aríete. Primera edición - España: Editorial Universitat Politècnica de València*, 2012.
2. ALMEIDA, A.B.; KOELLE, E. *Fluid Transients in pipe networks. Computational Mechanics Publications*, Southampton, Boston, 1992.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12215-1/2017 Projeto de Adutora de Água – Parte 1: Conduto Forçado - Rio de Janeiro, 2017.
4. AZEVEDO NETTO, J. M. et al. Manual de Hidráulica. 8ª ed. - São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1998.
5. TSUTIYA, M.T., SOBRINHO, P.A. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. 3ª ed. – Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.
6. VASCONCELOS, J. G. Hidráulica Transiente Aplicada a Saneamento. 1ª ed. – Brasília/DF, 2008.
7. KOELLE, E. 7º Módulo do Programa de Educação Continuada em Engenharia Hidromecânica - Transientes Hidráulicos, 1998.
8. KOELLE, E. Parecer Técnico 03/09 - Sistema de Bombeamento de Água Bruta para a ETA Valparaíso / Análise Operacional – Transientes (Sistema Corumbá IV). CAESB/SANEAGO, 2009.