



## **HYDRIA SABESP SISTEMA DE GESTÃO DE DADOS ANALÍTICOS E CONTROLE DE PROCESSOS.**

### **Nome do Autor Principal**

#### **Renato Franzotti**

Graduado em engenharia mecânica pela FEI em 1991, MBA Administração para engenheiros – IMT – 2008, MBA Gestão Empresarial Business School dentro do programa de Sucessão da Sabesp – 2012, MBA Automação industrial – PECE/POLI – 2021. Experiência de 30 anos em saneamento nas áreas de projeto, especificações de equipamentos, automação e planejamento.

### **Autor**

#### **Sergio Yoshima**

Graduado em engenharia eletrotécnica pela Universidade São Judas em 1997, Pós-Graduação em Engenharia de Saneamento pela USP/Faculdade de Saúde Pública – 2003. Experiência de 26 anos em saneamento nas áreas de manutenção, gestão de contratos de projeto, pacotes técnicos, especificações de equipamentos e automação.

### **RESUMO**

O Sistema Hydria Sabesp é composto de hardware e software desenvolvidos para atender a automação de Estações de Tratamento de Água (ETA) e poços. Automatiza a dosagem de produtos químicos, estações elevatórias e a lavagem de filtros, permitindo a racionalização da mão de obra, economia de produtos químicos e maior confiabilidade na qualidade da água tratada. A automação é composta por sensores, controladores e atuadores, sendo a parte mais delicada do processo a questão dos sensores, no caso do processo de tratamento de água, a da instrumentação analítica. Avaliando as necessidades operacionais das ETAs, o mercado de instrumentação analítica e as formas criativas de contratação recentemente lançadas a nível mundial pensamos em uma forma inédita de contratação baseada na experiência de empresas de outros segmentos que recebem o benefício esperado para o cumprimento de suas metas sem adquirir ativos. Surgiu assim uma nova forma de contratação, a compra de sinais analíticos, que devido a sua concepção para ETAs, concentrada em um pequeno container, denominou-se *Shelter*. Em 2019, a Revista Consumidor Moderno, reconheceu a Sabesp, por meio dessa solução, como a 23ª colocada dentre as 100 empresas mais inovadoras do Brasil, a frente de empresas como IBM e UBER. Vencido o desafio da instrumentação analítica, e agora com o histórico de mais de 100.000 dados analíticos mensais em cada ETA, proporcionados pelo *Shelter* e remunerados por um pequeno valor mensal sem o ônus para a Sabesp da manutenção e calibração dos instrumentos, iniciou-se o processo de aperfeiçoamento dos controles de processo, que ao longo do tempo permitiu ainda o desenvolvimento de novas funcionalidades tornando o Sistema Hydria Sabesp a mais completa e robusta solução do mercado, baseada na vasta experiência de profissionais multidisciplinares de diversas áreas que atuam há anos na Sabesp.

Além de permitir a automação das dosagens, o sistema permite ainda a quantificação do consumo dos produtos químicos potencializando a simplificação e ganho de eficiência da cadeia de fornecimento.

Dentre as funcionalidades desenvolvidas no Sistema Hydria Sabesp podemos destacar o Módulo de Otimização Contínua (MOC), que por meio de rápidas simulações de dosagem consegue obter de forma rápida e ágil o novo ponto de ajuste, o qual é instantaneamente enviado ao software, fazendo a correção de acordo com a qualidade da água que adentra a ETA naquele instante. Como por exemplo, a dosagem de coagulante, que é fundamental a eficiência de todo o tratamento de água, pois a “dosagem ótima” faz com que todo o restante do processo opere sem sobrecarga as demais etapas, obtendo-se assim o melhor rendimento em cada fase. O Sistema Hydria Sabesp permite uma ação em poucos segundos e de forma *online* do que hoje é feito de forma manual, dispendendo algumas horas, o que pode não ter mais utilidade para o processo, já que a mudança de qualidade da água bruta em muitas captações é muito rápida.



Construído com base nas normas ISA (International Society of Automation) e IEC 61131, o Sistema Hydria Sabesp possui algoritmos baseados em inteligência artificial, machine learning, redes neurais, e lógica Fuzzy; interface gráfica dos dados históricos, controle remoto das ETAs e operação pelo modo semiautomático.

O Sistema Hydria Sabesp permite ainda uma sistemática de operação dos processos padronizada, alta flexibilidade diante das diferentes ETAs existentes e um curto período entre o comissionamento e entrada em operação, além de contínuo aperfeiçoamento de acordo com o surgimento de novas demandas. Algo que o torna um diferencial competitivo para a Sabesp frente a nova realidade do novo Marco Regulatório do Saneamento, na assunção de novas áreas de operação, pois proporciona acentuada redução nos custos operacionais ligados ao processo de tratamento de água. O software do Sistema Hydria Sabesp obteve registro de propriedade intelectual junto ao INPI em 2021.

**PALAVRAS-CHAVE: AUTOMAÇÃO DE ETAS, COMPRA DE SINAIS, INOVAÇÃO NA CONTRATAÇÃO.**

## INTRODUÇÃO

Em 2016, percebendo a lacuna existente nas diversas áreas operacionais da Sabesp em relação a automação dos processos, foi lançada uma semente na Diretoria Metropolitana, de criar uma verdadeira filosofia de automação. Dentre as inúmeras demandas identificadas, priorizou-se a automação de ETAs, por vários motivos:

- principal processo produtivo que é a origem dos demais processos da Sabesp;
- conhecimentos de mais de 80 anos no tratamento de água pela Sabesp e suas antecessoras;
- experiência anterior do Aqualog na década de 1990;

A construção do Hydria iniciou-se efetivamente em abril de 2016 por meio de visitas de campo as diversas ETAs dos sistemas isolados da RMSP, como também as ETAs de maior porte do Sistema Integrado Metropolitano. Desde as primeiras visitas, havia a preocupação da operação acerca da implantação da automação que por experiências anteriores, devido ao sucateamento da instrumentação analítica e todas as dificuldades inerentes a sua aquisição e manutenção resultaria no retorno ao processo manual após alguns anos. O maior desafio seria operar as ETAs sem a mão de obra necessária demandada pelo não funcionamento pleno da automação anteriormente implantada.

Surgia aí o maior desafio para a automação das ETAs, como obter os dados provenientes da instrumentação analítica, primordiais para o desenvolvimento do projeto respeitando as regras vigentes na Sabesp para a aquisição e manutenção dos instrumentos analíticos. Foi então que a reduzida equipe à época, baseada na experiência da Embraer que não adquire seus ativos, como turbinas e instrumentação de voo, remunerando pelas horas de utilização obtendo apenas o benefício da disponibilidade plena dos equipamentos sem qualquer responsabilidade pela manutenção.

O UBER foi outra experiência similar que também inspirou o projeto, já que hoje dispõe de grande frota de transporte no mundo sem possuir nenhum veículo.

De forma geral, a automação de uma instalação passa por três pilares básicos que são os sensores, controladores e atuadores. Dentro de cada linha de desenvolvimento foram realizadas as seguintes atividades:

### 1) Sensores

Formatação de Termo de Referência com a nova forma de contratação, compra de sinais remunerados pela disponibilidade plena dos dados analíticos, com definição dos parâmetros técnico-econômicos e jurídicos. Sinalização ao mercado acerca da nova forma de aquisição proposta, conferindo a viabilidade técnico-comercial da solução proposta e as adequações necessárias que os potenciais fornecedores do serviço teriam que realizar, pois passariam de mero fornecedores a prestadores de serviço, responsáveis pela propriedade, instalação, calibração e manutenção dos instrumentos analíticos.

2) Controle

Aquisição de Painéis de Controle da Estação (PCE) com a premissa de adquirir o melhor hardware dentro do orçamento proposto seguindo as normas ISA/IEC;

3) Atuadores

Aquisição de bombas peristálticas com comunicação direta por rede, que dosam com extrema precisão, dispensando medidores de vazão;

E para consolidar, o diagnóstico para a implantação nas ETAs da RMSP com a situação em que se encontravam com os estudos de viabilidade econômico-financeira para apresentação a diretoria para aprovação do projeto. Com a aprovação da diretoria, concomitante ao processo de licitação para a contratação dos *shelters* para as primeiras 7 ETAs da RMSP foi instalada toda a infraestrutura necessária para o recebimento e integração dos *shelters* ao PCE e as bombas dosadoras possibilitando a obtenção dos dados históricos ao longo de 1 ano, e assim o consequente aperfeiçoamento dos controles. Atualmente são 23 ETAs na RMSP com a implantação do Sistema Hydria Sabesp.



Figura 1. Esquema básico de funcionamento do Sistema Hydria na automação em ETAs.

O objetivo inicial era apenas automatizar a dosagem dos produtos químicos, porém ao longo de mais de 5 anos em contato estreito com as áreas operacionais voltadas ao tratamento de água da Sabesp foram surgindo novas demandas, que paulatinamente foram incorporadas ao Sistema Hydria Sabesp, tais como: Automação das Estações elevatórias de água bruta e tratada, a lavagem de filtros de forma automatizada, o envio automático de dados atendendo os requisitos da Portaria 888/21 do Ministério da Saúde e a nova solicitação da medição individualizada de turbidez dos filtros das ETAs. Com solução em hardware que proporciona a leitura de até 8 filtros em apenas 1 turbidímetro instalado localmente, que envia as medições diretamente ao PCE, que na sequência envia esses dados de forma automática ao sistema responsável pelo fornecimento dos relatórios as vigilâncias sanitárias, órgãos fiscalizadores do Ministério da Saúde.

### O Sistema Hydria Sabesp

Ao longo do desenvolvimento do projeto vários itens de hardware foram criados para garantir a confiabilidade das medições analíticas, um exemplo é o sistema de retrolavagem e detecção de amostra, que além de auxiliar o PCE no diagnóstico de problemas como falta de amostra em determinado instrumento do shelter, faz a limpeza das linhas de amostragem com a frequência de atuação ajustada para cada amostra, pois cada manancial tem suas próprias

características e cada tipo de amostra suas especificidades. Em um exemplo, amostras de água bruta em captações a fio d'água após um período de chuvas apresentam alto índice de turbidez.



Figura 2 – Sistema de retrolavagem e detecção de amostras.

Outro hardware necessário para condicionamento das amostras foi a Torre de equalização, pois para que tenhamos uma medição confiável, base de todo o sistema de automação, é necessário preservar, além da limpeza das linhas de amostragem, a similaridade das linhas hidráulicas do *shelter* para evitar erros quando da comparação dos medidores de ambas as baterias.

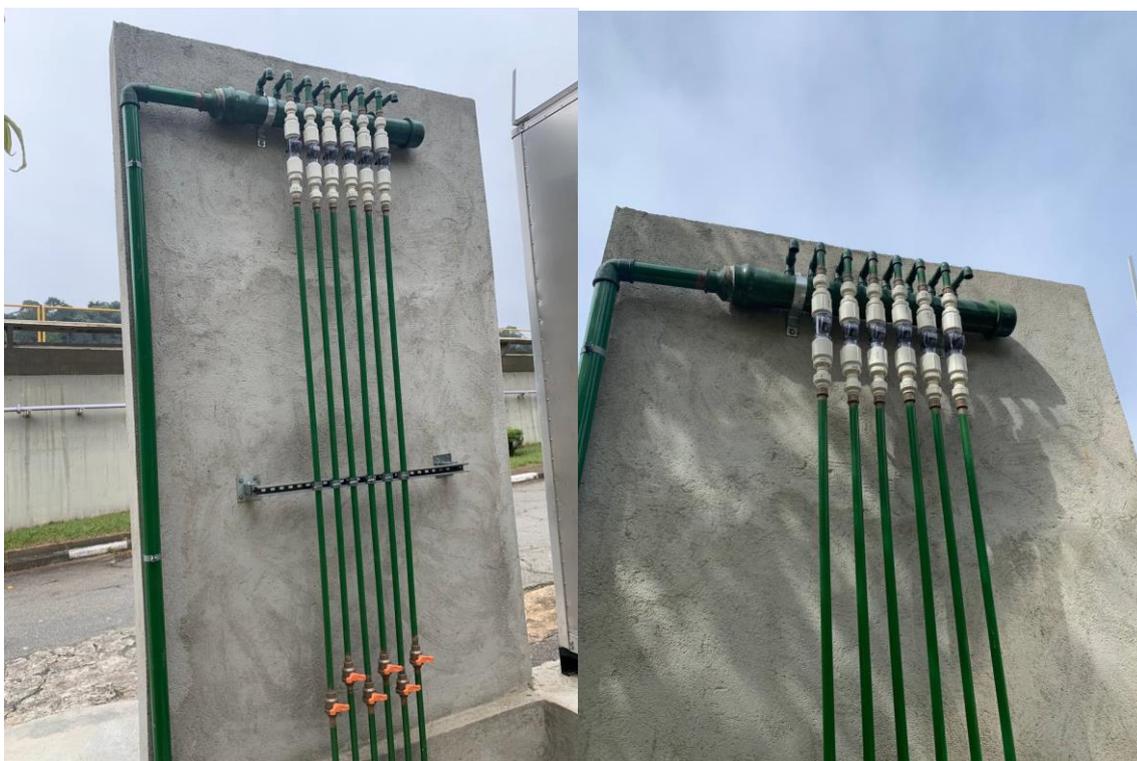


Figura 3 – Torre de equalização das amostras posicionadas na entrada do *Shelter*.

Basicamente, o *Shelter* possui duas baterias de equipamentos que fazem as medições com pequena defasagem de tempo onde são medidos: pH, turbidez, temperatura, Redox, condutividade, cloro residual e Flúor. O Sistema Hydria



Sabesp realiza auditorias frequentes em ambas as medições de cada parâmetro com o intuito de comprovar a confiabilidade dos dados fornecidos pelo *Shelter*, fundamentais para a operação do sistema de automação.

O *shelter* é parte fundamental para a automação, em diagnósticos realizados no início do projeto percebeu-se que ali estaria o maior desafio, que foi vencido com a nova forma de contratação, onde remunera-se o prestador de serviços pela disponibilidade dos dados a Sabesp. Com remuneração de R\$ 15.580/ mês obtêm-se mais de 100.000 análises mensais por ETA a um custo de R\$ 0,35 por análise contra um valor anterior de R\$ 7,30 na forma manual com análises no laboratório da ETA. A nova forma de contratação foi elaborada pela equipe de automação M ao longo de 2 anos até virar realidade no mercado. A diretoria R aprovou a ideia, e desde 2018 a equipe de automação M dá apoio técnico, fornecendo especificações técnicas e sua *expertise* na implantação da automação em ETAs. A equipe M coordena também a nova fase do plano diretor de automação - PISO 2.0 que agora engloba todas as áreas operacionais da Sabesp (M + R).

Desde a primeira versão, muitos itens foram aperfeiçoados, pois trata-se de projeto inédito a nível mundial, sendo hoje adotado por diversas empresas de saneamento brasileiras, além de referência comercial para o atual prestador de serviços que enxerga como solução para países emergentes, pois não há necessidade de investimentos por parte do contratante remunerando-se apenas pelo benefício do recebimento dos dados em forma de contrato de desempenho.



Figura 4 - Visão externa e interna do Shelter

O Painel de Controle da Estação (PCE) recebe os dados das medições analíticas e por meio do CLP, onde está instalado o software do sistema Hydria Sabesp comanda as correções nas dosagens de produtos químicos nas bombas dosadoras.



Figura 5 – Detalhe do PCE

As bombas dosadoras recebem os comandos provenientes do PCE e fazem a eventual correção das dosagens. São bombas de alta precisão, inclusive dispensando medidores de vazão. Os dados de vazão dosada são enviados diretamente ao software no PCE.



Figura 6 – Bomba dosadora peristáltica.



O software do Sistema Hydria Sabesp possui atualmente mais de 6.000 linhas de código com tamanho maior que as aplicações nas plantas de grande porte da Sabesp com cerca de 1,5 MB e ainda está em constante aperfeiçoamento

```
/*Verifica variações em função do tempo de resposta de ETª e atualiza o offset do controle e set-point*/
IF T08AjustePar.0 THEN
  Ajuste2 := 0.0;
  FOR i := 1 TO nHAr DO
    IF Predicao.struConfVarPredicao[i].hAbVarKj AND
    NOT Amostras[Predicao.struConfVarPredicao[i].lIndBa,Predicao.struConfVarPredicao[i].lIndVAr].Atual.Flag.ModoSem AND
    NOT Amostras[Predicao.struConfVarPredicao[i].lIndBa,Predicao.struConfVarPredicao[i].lIndVAr].Atual.Flag.bPVVencido THEN
      IF Predicao.struInVarAnt[i].rInVar > 0.0 THEN // = Predicao.struInVarAnt[i].rInVar THEN
        Par2temp[i] := Predicao.struInVarPredicao[i].rInVar / Predicao.struInVarAnt[i].rInVar - 1;
      ELSE
        Par2temp[i] := 0.0 // 1 - Predicao.struInVarAnt[i].rInVar / Predicao.struInVarPredicao[i].rInVar;
      END IF
      IF Predicao.struConfVarPredicao[i].hAbao THEN
        Ajuste2 := Ajuste2 + Par2temp[i];
      ELSE
        Ajuste2 := Ajuste2 - Par2temp[i];
      END IF
    Ajuste := Ajuste2;
  END FOR
END IF
END FOR
/*Verifica os valores dos parâmetros físico-químico/análises em relação aos limites operacionais*/
IF Predicao.lContProcesso = PR_COMBUSTAO THEN
  IF Predicao.struPred.arrVar[1] > 0.0 THEN
    TaxaPar1 := Predicao.struInVarPredicao[4].rInVar / Predicao.struPred.arrVar[1];
  ELSE
    TaxaPar1 := 0.0;
  END IF
  IF Predicao.struPred.arrVar[1] > 0.0 THEN
    TaxaPar2 := Predicao.struInVarPredicao[4].rInVar / Predicao.struPred.arrVar[1];
  ELSE
    TaxaPar2 := 0.0;
  END IF
  IF Predicao.struInVarPredicao[4].rInVar > Predicao.struPred.arrVar[1] AND Predicao.struPred.arrVar[1] > 0.0 THEN // se o turbidez de filtrada for maior que o limite stoas no ajuste
    ContTemp := (Predicao.struInVarPredicao[4].rInVar / Predicao.struPred.arrVar[1] - 1) // * (Predicao.struPred.arrVar[1] / Predicao.struPred.arrVar[2]);
  ELSIF (Predicao.struPred.arrVar[2] > Predicao.struInVarPredicao[4].rInVar) AND (Predicao.struPred.arrVar[1] > Predicao.struInVarPredicao[4].rInVar) AND
  (TaxaPar1 > TaxaPar2) AND TaxaPar1 > 0.0 THEN
    // se os limites de turbidez das águas decantada e filtrada forem maior que seus respectivos valores e se o valor de filtrada estiver mais próximo ao limite
    ContTemp := (TaxaPar1 - 1);
  ELSIF TaxaPar2 > 0.0 THEN // caso contrário ajusta pela turbidez de decantada
    ContTemp := (TaxaPar2 - 1);
  ELSE
    ContTemp := 0.0;
  END IF
END IF
```

Figura 7 – Detalhe de algumas linhas de programação do software do Sistema Hydria Sabesp.

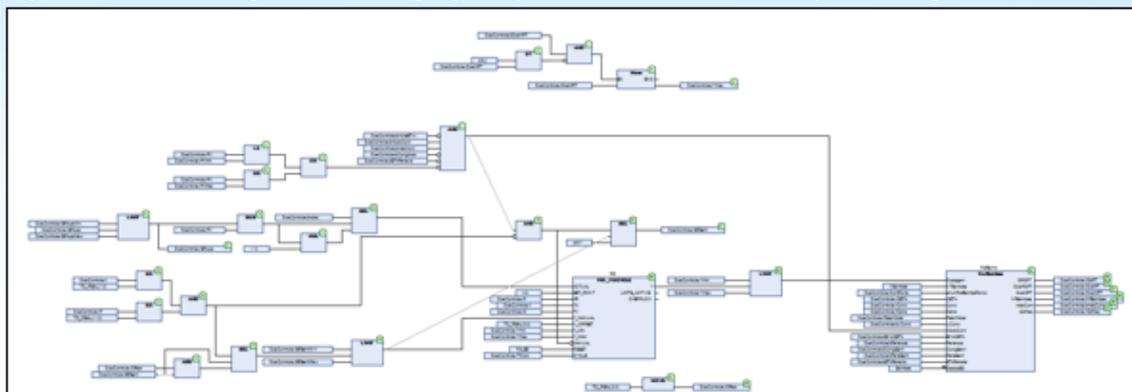


Figura 8 – Esquemático do controle do Sistema Hydria Sabesp.

O Sistema Hydria Sabesp conta ainda com os mais avançados softwares e protocolos de rede, alinhados a indústria 4.0, que apoiam a construção do software do projeto, ressaltando que seu desenvolvimento foi feito integralmente por profissionais da Sabesp com vasta experiência no tratamento de água e manutenção de sistemas de saneamento.

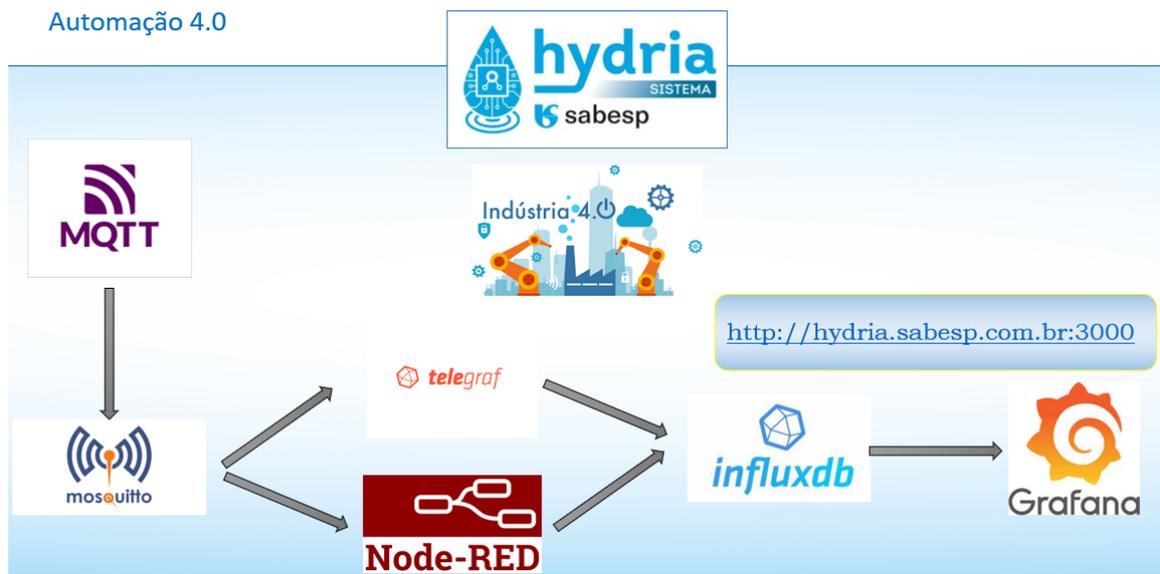


Figura 9 – Ferramentas de TI utilizadas na construção do Sistema Hydria Sabesp.

### Por dentro do software Hydria Sabesp

Tela de acesso ao software do Sistema Hydria Sabesp com autenticação de usuário.



Figura 10 – Tela de acesso ao Sistema Hydria Sabesp

Tela com o diagrama funcional da ETA, EEAs e acesso as dosagens de produtos químicos

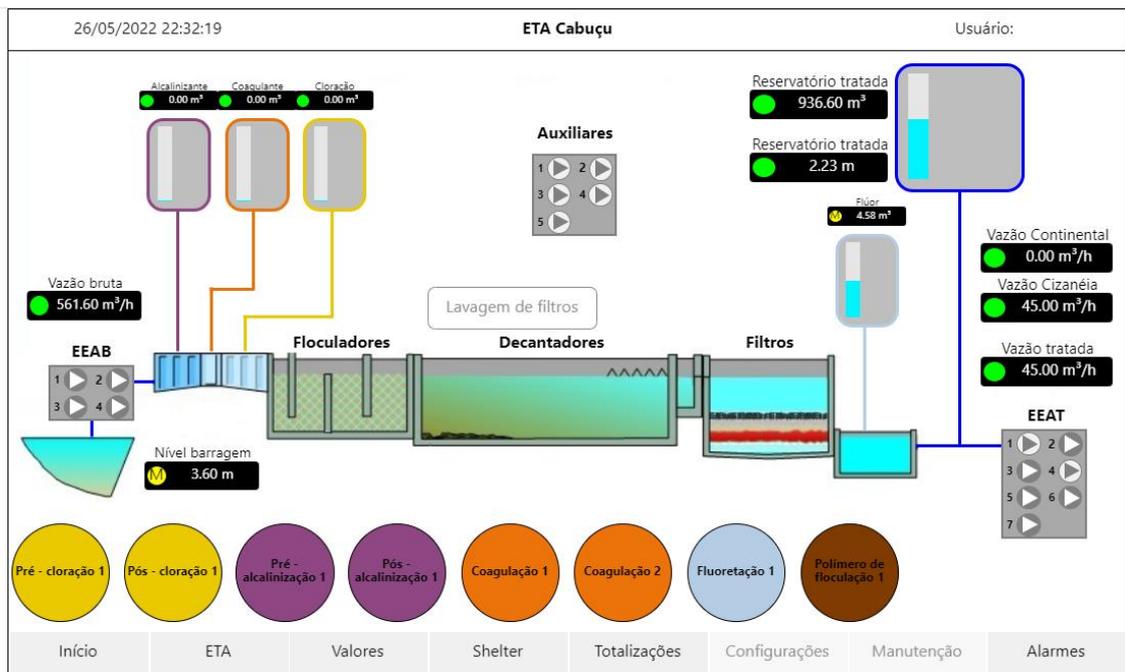


Figura 11 - Esquemático da ETA automatizada

Tela com as medições feitas pelo *Shelter* após tratamento estatístico dos dados e alarmes de desvios.

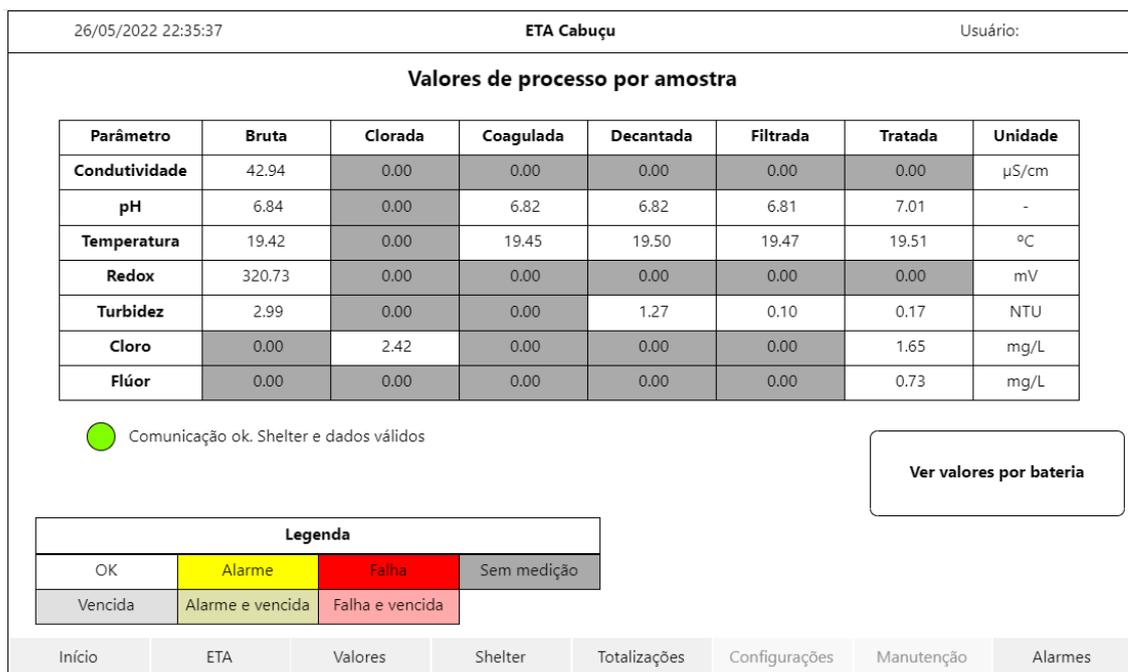


Figura 12 – Valores das medições do *shelter*

Tela que mostra as medições feitas pelo *Shelter* de forma instantânea. O *Shelter* possui duas baterias de instrumentos idênticas que fazem as medições de um mesmo parâmetro, essa redundância permite identificar

desvios dos instrumentos de medição. Há ainda uma auditoria para saber se existe desvio das medições em um instrumento ou se ambos apresentam desvio.

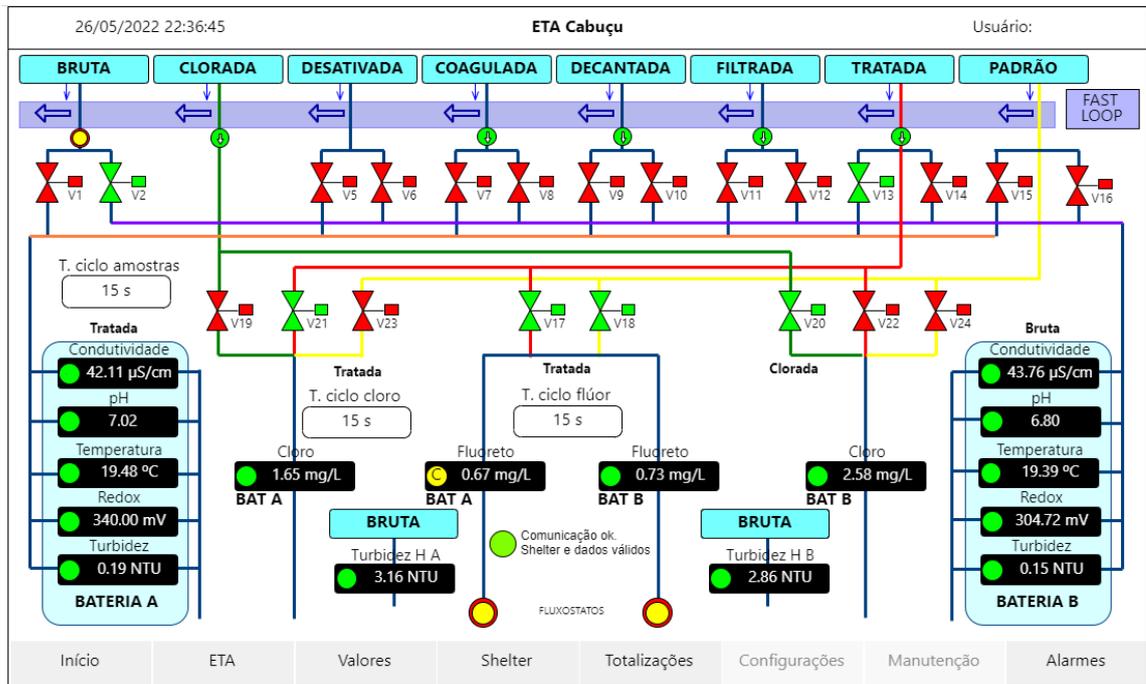


Figura 13 – Medições instantâneas do Shelter

Tela de totalização do consumo de produtos químicos dosados e produção de água da ETA.

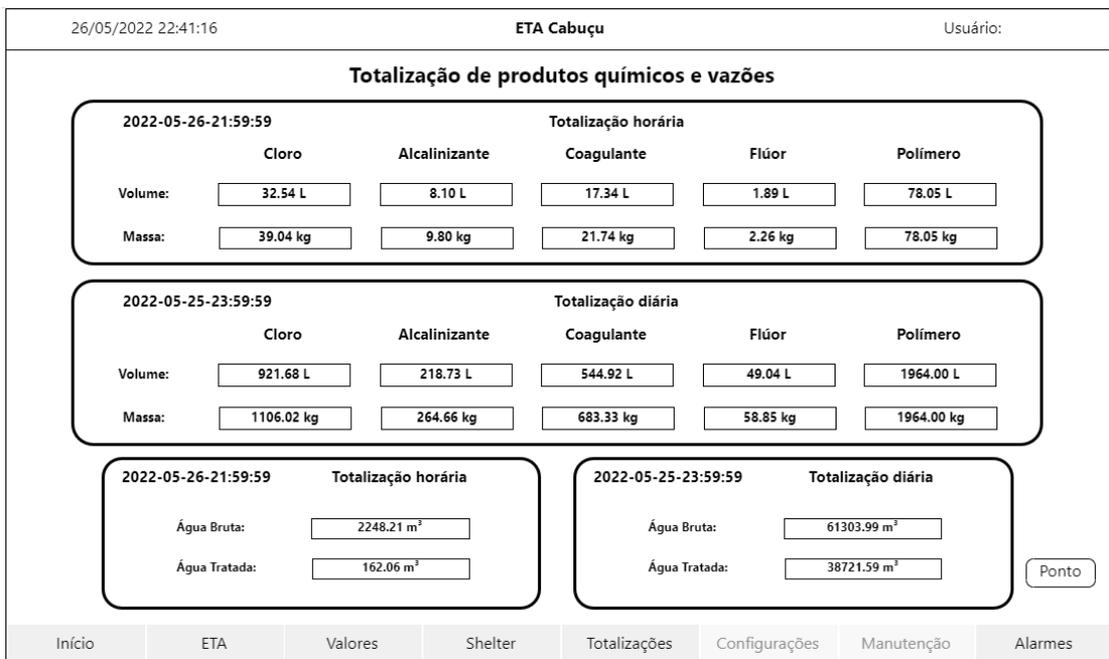


Figura 14 – Totalização de produtos químicos e dados de produção da ETA



Interface gráfica que permite a visualização *online* das medições em cada ETA das várias amostras ao longo do processo recebidas pelos programadores e que proporcionam o aperfeiçoamento do controle, otimização de telas do software e intervenção remota em caso de desvios das medições.

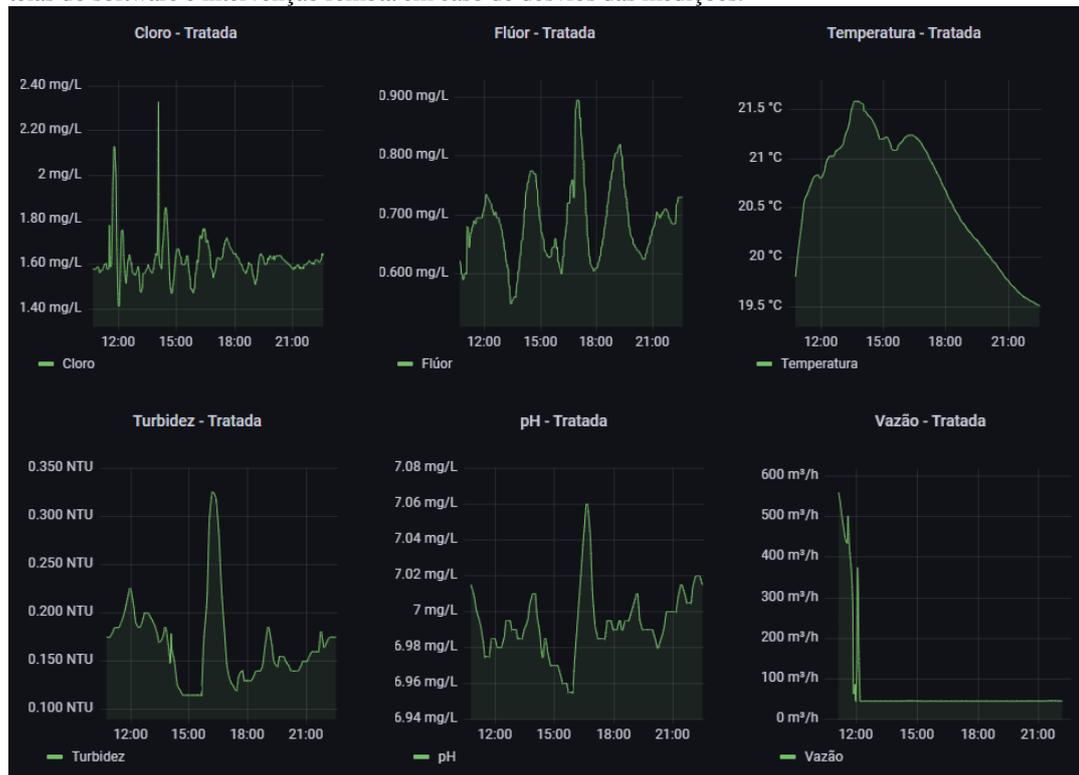


Figura 15 - Telas com as medições dos parâmetros de qualidade da água online nas ETAs.  
A figura abaixo mostra, em resumo, o Sistema Hydria Sabesp.

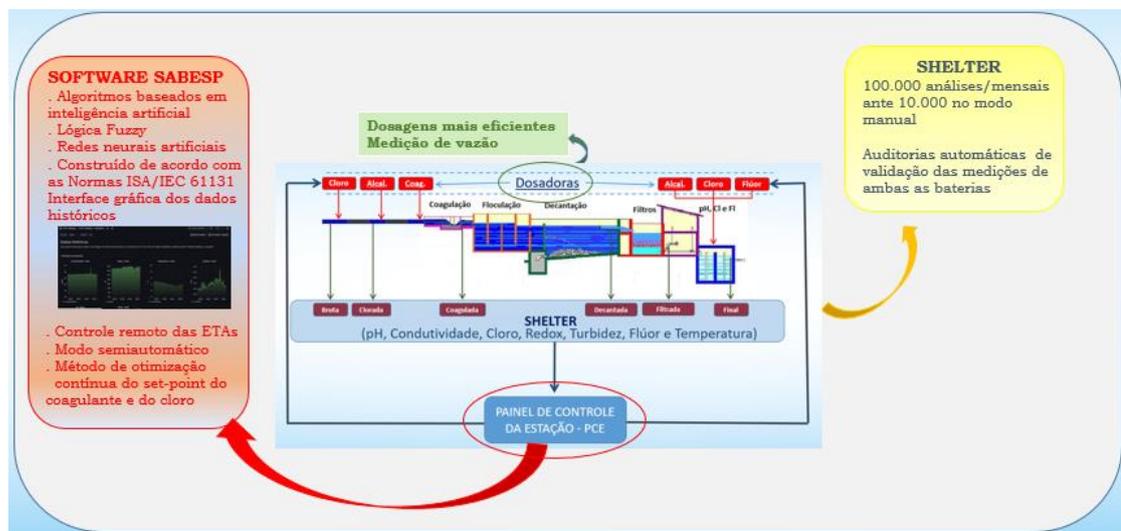


Figura 16 - Visão geral do Sistema Hydria Sabesp

## OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é o de implantar a automação nas ETAs de forma perene, obtendo redução dos custos operacionais com a racionalização da mão de obra, redução da aplicação de produtos químicos, diminuição do consumo de energia elétrica pelo melhor aproveitamento de cada equipamento do processo e a melhoria na qualidade da água tratada. O que vem ao encontro do momento atual que demanda substancial evolução nos processos de tratamento de água, que nos últimos anos sofre enorme pressão devido as restrições dos recursos hídricos, tanto na oferta, quanto na qualidade.

Porém, o objetivo mais amplo da equipe de automação é a expansão sustentada da automação em todas as unidades operacionais da Sabesp e em todos os tipos de instalação do saneamento (figura 17). A partir de 2018, além das atividades

A opção inicial pelas ETAs redundou no Sistema Hydria Sabesp, porém defasado em cerca de 2 anos, iniciamos a formatação da compra de sinais para as 5 grandes ETEs da RMSP, ETEs ABC, Barueri, Parque Novo Mundo, São Miguel e Suzano, que diferentemente das ETAs, utiliza-se de várias unidades de medições espalhadas ao longo da ETE, dedicadas a cada fase do processo de tratamento de esgoto com seus respectivos instrumentos analíticos. Em um contrato de R\$ 38 milhões serão instalados 255 pontos de medição em seu primeiro ano de vigência, e atualmente se encontra em fase final de comissionamento. Após a finalização da implantação da instrumentação virá a fase de desenvolvimento de software, seguindo os passos do Sistema Hydria Sabesp desenvolvendo mais um produto em prol da evolução do saneamento.

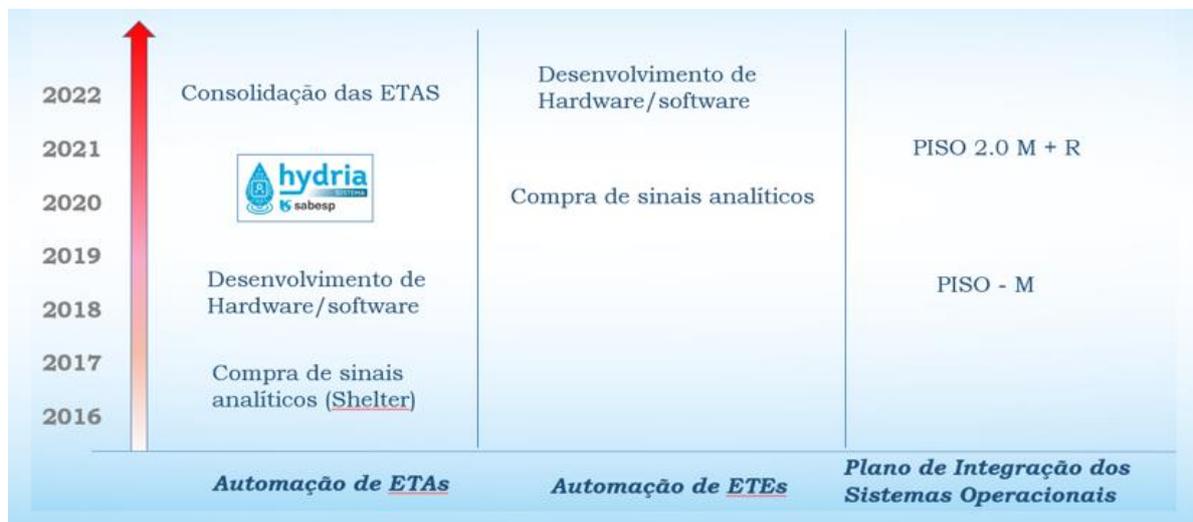


Figura 17 - Evolução das atividades da automação na M

Cabe as equipes de Tecnologia da Automação (TA) desenvolver a base da clássica pirâmide de automação para posterior integração com as equipes de Tecnologia da Informação (TI), a fim de consolidar todo o processo da automação que vai do chão de fábrica até a alta administração da empresa. Para respaldar esse processo foi contratado um Plano Diretor de Automação junto a Escola Politécnica da USP com o intuito de documentar, padronizar e capacitar a força de trabalho para o desenvolvimento das atividades relacionadas a automação, em um primeiro momento na diretoria M;

Em continuidade a primeira versão do PISO, em 2021 foi contratado o PISO em sua segunda versão, que além de dar continuidade aos trabalhos da primeira versão agora abrange todas as áreas operacionais da Sabesp com a participação da diretoria de sistemas regionais - R., sob a coordenação de nossa equipe.

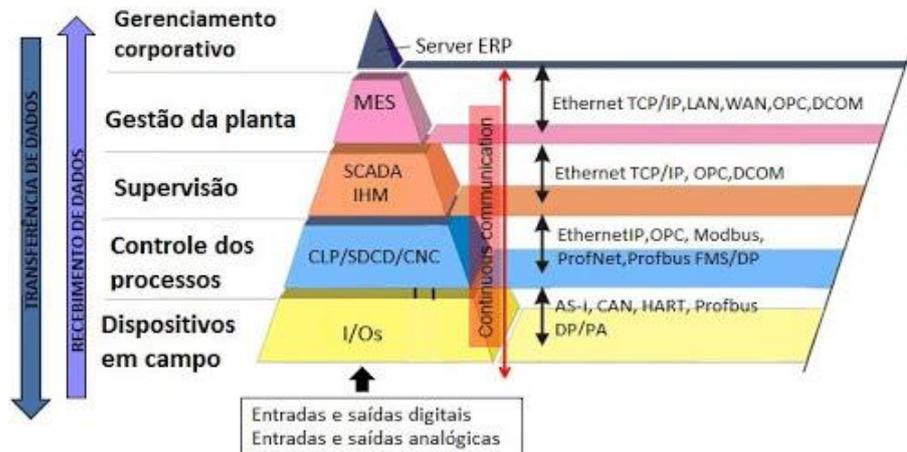


Figura 18 - Pirâmide da automação

## METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada foi a de implantar todo o projeto em ETAs com condições mais desafiadoras do ponto de vista da qualidade e frequência de variações da água bruta ao longo do dia, pois enfrentando os maiores desafios pode-se replicar a outras plantas com segurança.

## RESULTADOS OBTIDOS

- ✓ Aumento da eficiência no controle monitoramento dos processos de dosagem de produtos químicos;
- ✓ Economia de produtos químicos alcançada em algumas ETAs:
  - ✓ Coagulante: de 20 a 30 %;
  - ✓ Desinfectante/Oxidante: de 15 a 50 %;
  - ✓ Alcalinizante: aproximadamente 15 %.
- ✓ Sistemática de operação dos processos padronizada;
- ✓ Alta flexibilidade diante das diferentes ETAs existentes;
- ✓ Curto período entre o comissionamento e entrada em operação;
- ✓ Em decorrência da implantação da automação inúmeros benefícios adicionais foram auferidos como a geração de relatórios de estoque de produtos químicos, de produção de água, dados de qualidade da água exigidos pela Portaria MS 888/21, a possibilidade de gestão dos ativos das ETAs. O recebimento de dados de cada ETA online permite a eventual intervenção de forma remota
- ✓ Aumento na eficiência do processo de tratamento de água:
  - IDQA - Indicador de Desempenho da Qualidade da Água Tratada

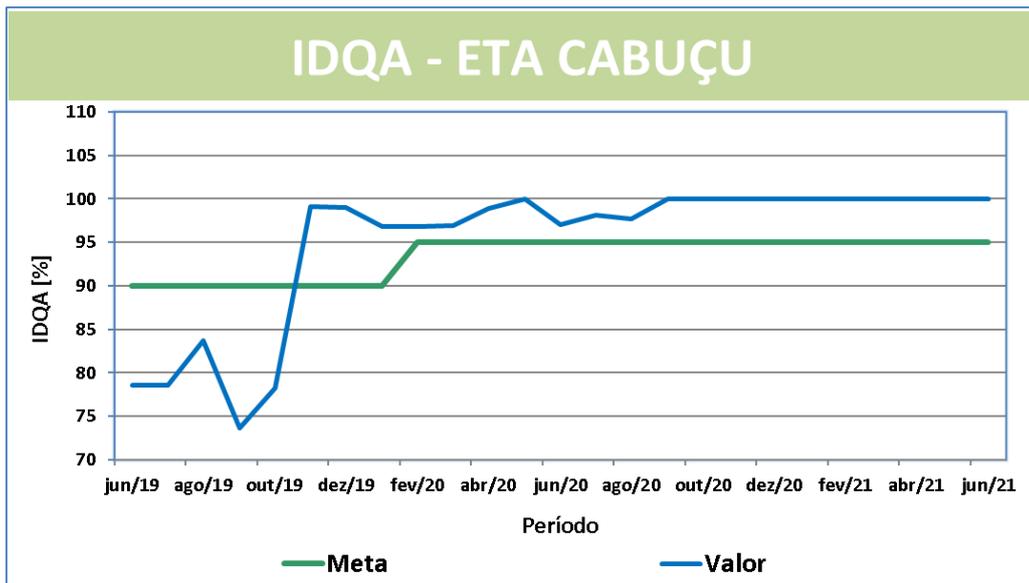


Figura 19 - IDQA – ETA Cabuçu – Guarulhos, SP

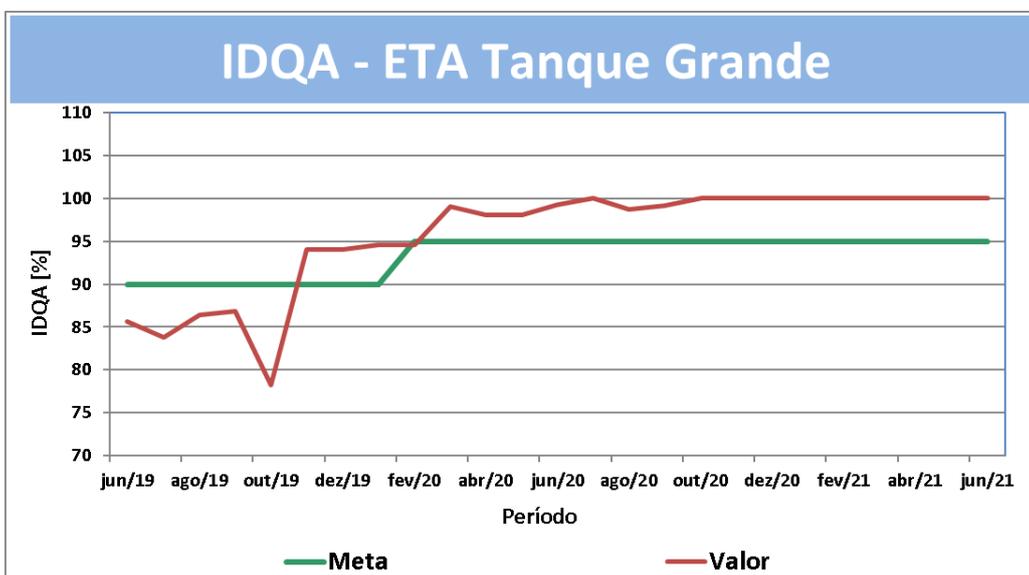


Figura 20 - IDQA – ETA Tanque Grande – Guarulhos, SP

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados aferidos com a automação atingiram os objetivos esperados com espaço para melhorias tanto no hardware quanto no software, e vai além da redução de custos operacionais, conferindo melhoria da qualidade da água tratada, controle remoto das ETAs, racionalização da mão de obra que pode dispor de tempo para a realização de atividades mais complexas ligadas ao negócio como aperfeiçoamento do processo de tratamento de água. A automação possibilita ainda a gestão de ativos, a melhor gestão da alta administração quando os dados de chão de fábrica chegarem ao topo da pirâmide da automação, o ERP. Reduz brutalmente as atividades administrativas, pois relatórios que necessitavam de horas para elaboração podem ser obtidos em poucos minutos por meio do sistema Hydria Sabesp. Inclusive possibilitando novas formas de gestão, contratação e recebimento de insumos necessários ao

processo de tratamento de água. Enfim, além das diversas possibilidades anteriormente preconizadas pelo processo de automação surgem, de forma exponencial, novas soluções decorrentes de sua implantação.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A experiência da equipe de automação na M, ao longo desses pouco mais de 6 anos mostra, dia após dia, que a percepção inicial dos projetos de automação estavam subestimadas, pois com a implantação da automação os ganhos e as novas oportunidades são exponenciais, o que indica que estamos no rumo certo, já trilhado por outros segmentos da indústria e de concessionárias de *utilities* com sucesso. Diante dos desafios, a criatividade, a coragem de inovar e a perseverança em transpor os desafios pelo caminho foram fatores importantíssimos para avançarmos e entregarmos o primeiro fruto desse esforço, o Sistema Hydria Sabesp, pois entendemos que a automação é uma das ferramentas fundamentais para que o saneamento avance rumo a tão sonhada universalização

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. POLI-USP/SABESP - Plano de Integração de Sistemas Operacionais da Diretoria Metropolitana (PISO –M), São Paulo – 2020.
2. <https://profes.com.br/profmarciojrnunes/blog/piramide-de-automacao-industrial>.