



EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA NOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES, ATRAVÉS DA AUTOMAÇÃO, EM ETE'S DE GUARULHOS, SÃO MIGUEL PAULISTA E SUZANO

Lucas Matheus Tsai ⁽¹⁾

Técnico em Edificações. Graduando em Engenharia Civil.

Ítalo Jorge Urzedo Da Silva ⁽²⁾

Engenheiro Eletricista.

André Rodrigues de Oliveira e Silva ⁽³⁾

Técnico em Processamento de Dados.

Amanda Ramos Vieira Melo ⁽⁴⁾

Engenheira Civil, Tecnóloga em Hidráulica e Saneamento Ambiental. Pós-graduanda em Geoprocessamento.

Luiz Ricardo Mininel ⁽⁵⁾

Engenheiro Civil, Pós-graduado em Gerenciamento de Projetos e Pós-graduado em Engenharia Sanitária.

Endereço ⁽¹⁾: Rua José do Rosário, 3 - Parque Bristol - São Paulo - SP - CEP: 04177-190 - Brasil – Tel.: (11) 95224-2158 - e-mail: tsai@enorsul.com.br

RESUMO

Pode-se definir como sistema automatizado ou autônomo um conjunto de componentes tecnológicos que controlam um processo, conforme ações pré-programadas a fim de manter o sistema funcionando no ponto ótimo de operação com a mínima intervenção humana. As concessionárias de abastecimentos têm se preocupado cada vez mais com a segurança do colaborador e com os processos de tratamento, com vistas a promover maior bem-estar aos funcionários e eficiência aos sistemas. O contrato firmado entre SABESP, Consórcio Automação ETEs (São Miguel Paulista e Suzano) e Consórcio Enorsul – BEU, ETEs (Guarulhos), tem por objeto a prestação de serviço de automação de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) em dois contratos bastante similares. Cujo escopo é a instalação de painéis de automação, desenvolvimento de supervisor, infraestrutura de comunicação e manutenção – com período de 5 anos. O presente trabalho tem por objetivo demonstrar ações que podem ser implementadas nas operações dos sistemas de tratamento de esgoto para obter melhor gestão dos recursos e aumento da eficiência da instrumentação. Os resultados destas ações, é aumento de eficiência e robustez do sistema, além de introduzir tecnologias, que buscam a integração com interfaces da Indústria 4.0 - que moderniza os processos, melhoria do tratamento e do meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Estação de Tratamento de Esgoto, Automação, Indústria 4.0.

OBJETIVO

Apresentar os dois contratos firmados pelo consórcio das empresas Enorsul e BEU Engenharia com a SABESP, referente a prestação de serviços especializados em sistema de automação com enfoque em controle, supervisão e operação em ETEs na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Apresentando as principais características dos processos instalados e a serem instalados pelos contratos, apontando os benefícios da utilização da automação para essa vertente do saneamento.

INTRODUÇÃO

O contrato 04.492/20 – Guarulhos - tem por finalidade a prestação de serviços para implantação de automação, monitoramento e controle remoto nas ETEs do município de Guarulhos – ETE Várzea do Palácio, ETE São João, ETE Bonsucesso e ETE CECAP. Conforme dados da Prefeitura de Guarulhos, atualmente o município tem a capacidade de tratar 50% do esgoto gerado pelo município, ETE Várzea do Palácio trata 15% do total de esgoto coletado. A ETE Bonsucesso é responsável por 20% do tratamento. Por fim, a ETE São João trata 15%. As estações hoje são operadas sob responsabilidade da SABESP.

O Contrato 01.399/21, tem por finalidade a prestação de serviços de engenharia para fornecimento, desenvolvimento, instalação, integração, comissionamento, manutenção e disponibilização de hardware para o sistema automatizado de supervisão e controle nas ETEs São Miguel e Suzano, vinculada a meta de desempenho. A ETE de São Miguel tem capacidade para tratar os esgotos gerados por 720 mil habitantes, o equivalente à população de São Bernardo do Campo. O sistema trata em média 80 milhões de litros de esgoto por dia, referência de 2016, de acordo com a SABESP (2017). A ETE Suzano tem 40 anos de operação e trata o esgoto gerado por uma população em cerca de 720 mil pessoas. A estação tem capacidade de tratar 1.500 litros de esgoto por segundo de acordo com a SABESP (2017).

O escopo dos contratos visa a evolução na automação, que se dá através do levantamento de campo, projeto, montagem de painéis com CLP (Controlador Lógico Programável) e desenvolvimento de um novo supervísório (possuindo telas de monitoramento e controle de cada etapa do processo com indicadores de alarme e relatórios de operação).

Apesar de serem contratos distintos, as atividades contempladas pelos contratos são similares em seu escopo e correlacionadas, uma vez que, uma das atividades é a implantação de um Sistema de Supervisão e Controle (SSC) na sala do CCO (Centro de Controle de Operação) nas dependências da ETE São Miguel Paulista (SMP), ilustrada na figura 1, integrando e fornecendo uma plataforma única de controle supervisão do processo de todas as ETEs e EEE que foram objetos dos dois contratos em questão.



Figura 1: Planta da ETE São Miguel Paulista
Fonte: Google Earth, 2023.

O escopo mínimo do contrato de Guarulhos define a execução de 25 painéis de automação 8 em cada ETE e 1 na EEE Cecap. Já o escopo mínimo do contrato de São Miguel Paulista (SMP) e Suzano define a execução de 15 painéis de automação 8 em SMP e 7 em Suzano. Desenvolvimento de supervísório e infra em ambos os contratos.

METODOLOGIA UTILIZADA

A SABESP estruturou estes contratos através de estudos e levantamentos de campo, buscando potencializar o investimento de recursos e mão-de-obra para obter os melhores resultados.

O sistema supervísório a ser implantado é SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) seguindo os moldes da programação oferecidas pelo mercado de automação industrial, com um diferencial, que é a conformidade com as boas práticas da ISA101 – norma homologada pela ANSI (*American National Standards Institute*), agência regulamentadora do Estados Unidos da América. É importante destacar que a ISA101 é uma norma que estabelece melhores práticas para a interação homem-máquina (IHMs), fruto de ampla discussão internacional. Rege várias outras etapas do desenvolvimento de um sistema de supervisão, além de buscar a melhoria da compreensão e identificação de situações anormais do sistema a ser monitorado através de identidade visual limpa e padronizada.

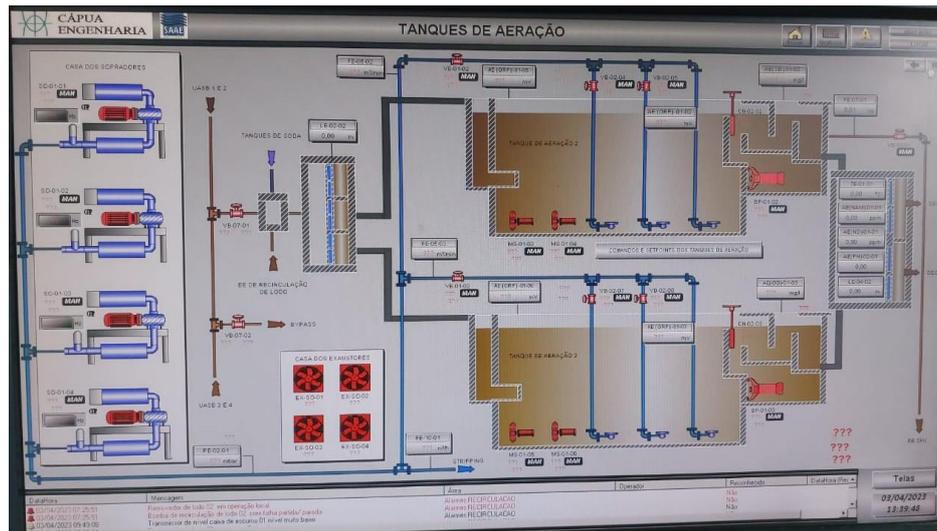


Figura 2: Tela de supervísório convencional, utilizado antes do contrato.

A exemplo da figura 2, restringiu-se o uso de cores para tons de cinza para objetos gerais e status comuns de operação, e cores como vermelho, amarelo, verde para situações a serem destacadas ao operador, como exposta na figura 3. Destaca-se ainda, que as preocupações acerca da utilização de cores, também busca atender limitações dos operadores quanto ao daltonismo – que é um distúrbio ocular que prejudica a percepção de cores. Esta aplicação da ISA101 é pioneira no Brasil, através destes contratos. Além disso, os equipamentos utilizados seguem as premissas da norma EEMUA-201 - manual que contém etapas para construção, implementação e preservação dos sistemas de alarmes aplicados a indústrias, visando a segurança, facilidade de uso e controle de desempenho.

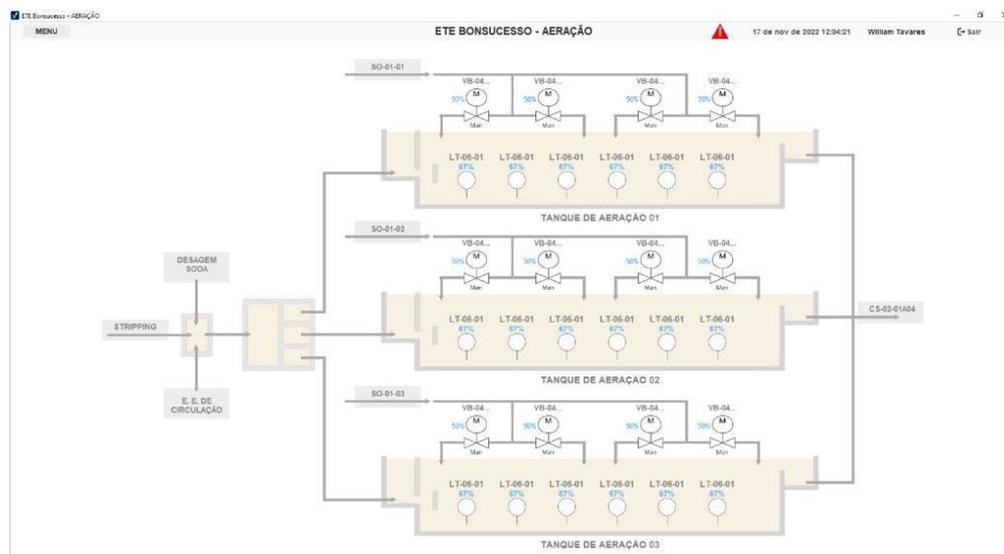


Figura 3: Tela de supervísório atual, da ETE Bonsucesso.

O sistema supervísório utilizado nesta instalação opera como um processo do *Windows®* rodando em segundo plano, assim a sua execução fica invisível para o usuário comum, mas possibilita que não se tenha a necessidade de instalação de outro tipo de estruturação solicitada pela SABESP, havendo a centralização do sistema de supervísórios na ETE de São Miguel Paulista - maior ETE dentre as que compõe os contratos, e a que possui um *datacenter* dedicado a abrigar todo o *software* de supervisão, para assim obter maior facilidade quanto a centralização e gestão de recursos e infraestrutura, no que diz respeito, a tecnologia da informação (TI), como demonstrado na figura 4.

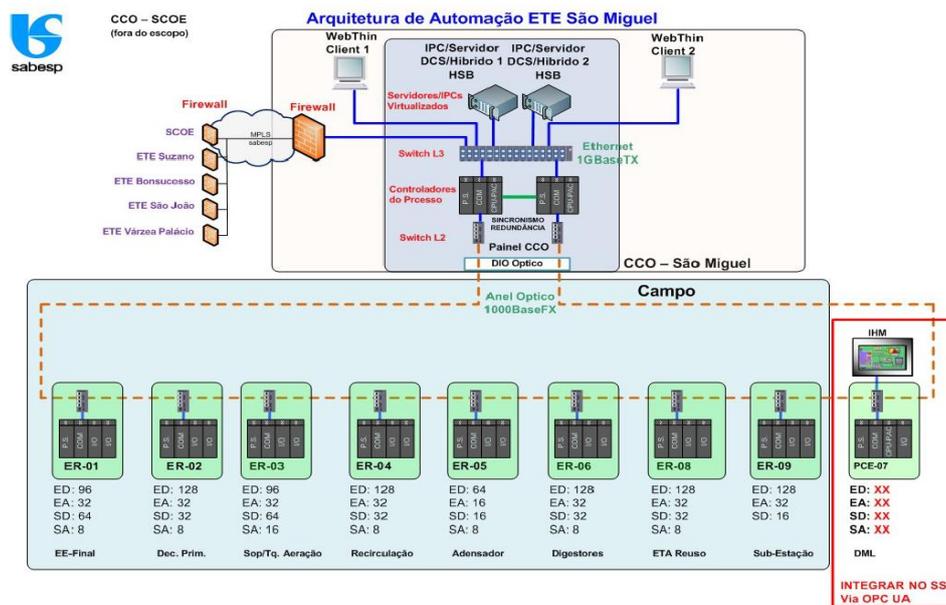


Figura 4: Arquitetura de Automação ETE São Miguel.

A rede *Ethernet* do sistema de supervisão de São Miguel Paulista é formado pela interconexão das redes de automação - que atuam totalmente separadas da rede corporativa comum - de cada uma das 5 estações de tratamento de esgoto, que são as seguintes:

- ETE São Miguel Paulista;
- ETE Suzano;
- ETE Bonsucesso – Guarulhos;
- ETE São João – Guarulhos;
- ETE Várzea do Palácio – Guarulhos.

Devido ao grande porte de informações deste sistema supervisório, um *videowall* foi implantado pelo consórcio, a fim de obter melhor visualização das estações, bem como, para manobra mais rápida do operador de quaisquer etapas do sistema.

Para garantir a máxima disponibilidade deste sistema supervisório, se operará com sistema de redundâncias multiníveis, em que: o primeiro nível de redundância está nos dois servidores físicos do *datacenter*, que operam em paralelo – principal, com outro em reserva. Visando obter respaldo, caso o principal apresente falha (seja ela oriunda de defeito de hardware, ou devido a uma falha de *software*) o servidor reserva assume a comunicação.

Ainda na camada do primeiro nível de redundância, para que o servidor que apresente falha volte a operar de maneira simples e rápida – mesmo com a operação reserva, exemplificada acima – conta-se ainda com sistema de virtualização, onde o sistema operacional funcionará como uma máquina virtual, ou seja, permite que o servidor simule, um ou mais ambientes, para que sistemas operacionais como *Windows®* ou *Linux®* sejam executados - como se cada um estivesse em sua própria máquina física. Através deste recurso é possível fazer o *Windows®* ou *Linux®* ser executado em um ambiente não nativo, como no *MacOs®*, isso é possível devido ao processo ser feito de maneira virtual. Sendo assim, uma máquina completa e com o sistema supervisório instalado se resumirá a um conjunto de arquivos que pode ser copiado de um computador para outro e quando necessário ser executado. Logo, esta sistematização traz praticidade a operação, uma vez que qualquer intercorrência pode ser superada através do carregamento dos arquivos em outro local para reestabelecer a operação.

O segundo nível de redundância está localizado no CLP, pois este controlador está operando logo abaixo do servidor, e é justamente onde a lógica de funcionamento da estação de tratamento é executada. Cada uma das cinco ETEs que compõem estes contratos contarão com duas unidades deste CLP operando de maneira análoga ao servidor do supervisório: um CLP operando como principal e outro operando como reserva ambos

localizados no CCO de cada ETE, exemplo ilustrada na figura 5 e 6. Eles estarão sempre ligados e operando em conjunto, onde os dados de processo serão espelhados entre eles e caso, por algum motivo a CPU principal falhar, a CPU que está em modo backup assumirá o controle da planta até que a principal volte a operar novamente.



Figura 5: Painel do CCO da ETE Bonsucesso.



Figura 6: Painel do CCO da ETE Bonsucesso.

O terceiro nível de redundância se dará através dos dois caminhos possíveis em uma rede com topologia em anel óptico que se encontra logo abaixo do CLP. O CLP conectará com os dispositivos remotos espalhados pelo campo, que irão recolher os sinais de input e output (I/O) através da rede industrial utilizada no local. Assim quando acontecer o rompimento de fibra ou falha de alguma remota, os dados serão redirecionados. Isto deverá ocorrer de maneira automática na rede, sem que o sistema supervisório seja prejudicado.

O quarto nível de redundância será feito pela topologia do supervisório planejada no projeto, pensando nas ETEs que irão se conectar à São Miguel. Onde, cada uma destas contará com um PC industrial que executará uma versão local do supervisório. Para caso o link *Ethernet* que conecta uma das ETEs ao servidor principal de São Miguel falhar, este servidor local assume a operação e assim a visualização e armazenamento dos dados será feito localmente. Sendo que, quando o link de comunicação for restabelecido, os dados de visualização, relatórios e alarmes serão sincronizados novamente com o servidor principal e assim o sistema voltará à operação normal. Portanto, com esta topologia não ocorrerá perda de dados que serão necessários para a emissão de relatórios e análise.

O conjunto de todos estes níveis e tecnologias envolvidas garantem elevado desempenho e disponibilidade do sistema para a equipe de operação, e robustez para o processo.

As principais características do sistema de supervisão SCADA de São Miguel Paulista são: redundância interligada por um anel óptico (que compõe o terceiro nível de redundância); possui clientes (estações com acesso e operação do supervisão) que podem ter um número ilimitado de usuários registrados para acesso, sendo cada um deles configurado com o seu respectivo nível de acesso e prioridade.

Quanto as estações de operação deste sistema supervisão, o acesso ao supervisão pelos operadores é feito através do *browser* de navegação presente nos computadores clientes, sem a necessidade de instalação de *software*. O acesso via *browser* e a compatibilidade do supervisão com o HTML5 possibilita o acesso através da maioria dos dispositivos móveis, mas claro, desde que as políticas de *firewall* e segurança possibilitem este acesso.

O controle de acesso ao sistema é feito através das regras de segurança da SABESP, apenas usuários com permissões na rede de automação podem acessar o sistema SCADA, sendo que cada servidor possui um *firewall* instalado com regras específicas de acesso.

Para o CCO de São Miguel Paulista, foram considerados dois clientes para visualização e controle das operações. Para as demais ETEs do sistema, foi instalado em cada uma delas, um servidor local (servidor de borda – conforme já citado no quarto nível de redundância) para que, caso haja falha de comunicação até São Miguel Paulista, a operação não seja prejudicada. Esse servidor, de menor capacidade, tem a finalidade única de operações locais quando necessário.

Em cada uma das ETEs também foram instalados dois clientes, onde um deles estará focado no acesso local do supervisão e outro acessará diretamente à estação de São Miguel Paulista, como mostra a figura 7, através de um link de dados de 512 Mbps, que também terá um *firewall* para segurança de acesso com as regras determinadas pelo TI.

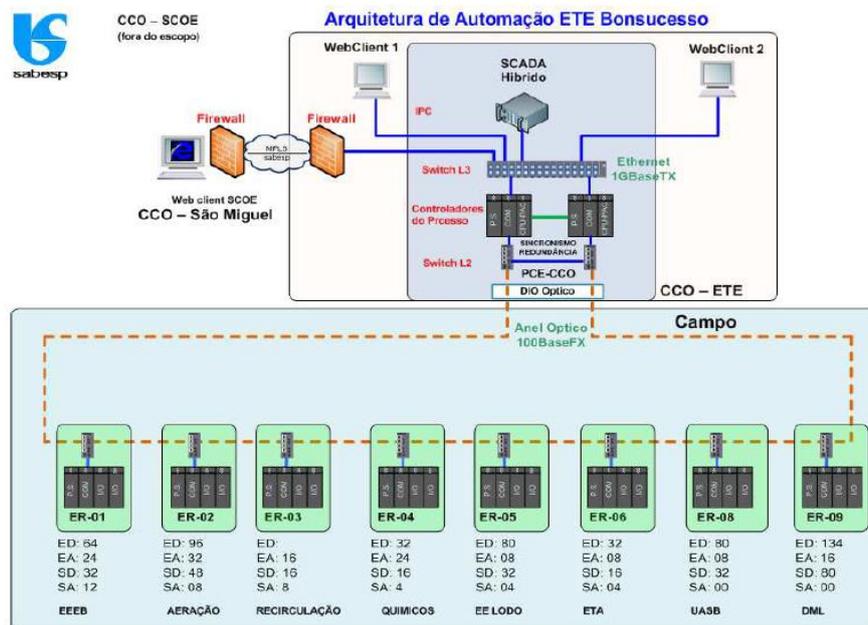


Figura 7: Arquitetura de Automação ETE Bonsucesso.

Outra característica importante, é que o sistema não possui limite de tags (cadastramento de equipamentos) atrelado às licenças - tanto para supervisão, quanto CLP – sendo uma alternativa importante caso haja necessidade de ampliação em alguma das ETEs. É importante atentar-se às limitações do hardware, tanto do CLP quanto do servidor do supervisão, em caso de ampliação.

Foi utilizada a rede industrial chamada PROFINET para comunicação do CLP principal com suas remotas espalhadas em campo em São Miguel Paulista e Suzano. Trata-se de uma rede que não é proprietária, e assim há a possibilidade de utilizar uma gama de equipamentos de vários fabricantes, abrindo assim grande possibilidade para concorrência. Esta rede permite montar diversas topologias de rede como árvore, estrela, anel, podendo este último até ser um anel redundante. Outro ponto importante é a possibilidade de ser

trafegado por várias tecnologias, além de cabeamento físico, mas também em tecnologias sem fio como topologias de *Access Point* e *Clients* (802.11 e derivados), *bluetooth*, e suas combinações.

Esta rede também conta com ferramentas de diagnósticos que garantem um rápido rastreamento de uma eventual anormalidade na rede, garantindo assim a sua disponibilidade para o processo. Quanto a cibersegurança, assunto essencial, a rede PROFINET passou por vários testes de falha e monitoramento de segurança, que a tornaram conforme à IEC 62443 – norma acerca de cibersegurança para tecnologia operacional em sistemas de automação e controle.

Por fim, é uma rede de fácil integração com o TI, além de possuir porta da sua rede para a Indústria 4.0. Importante processo, sobre o qual há integração entre automação, robótica, Internet das Coisas (IoT) e armazenamento em nuvem. Sendo todos os pontos muito relevantes para o saneamento e sua evolução, promovendo aumento da eficiência dos sistemas e melhoria no uso dos recursos.

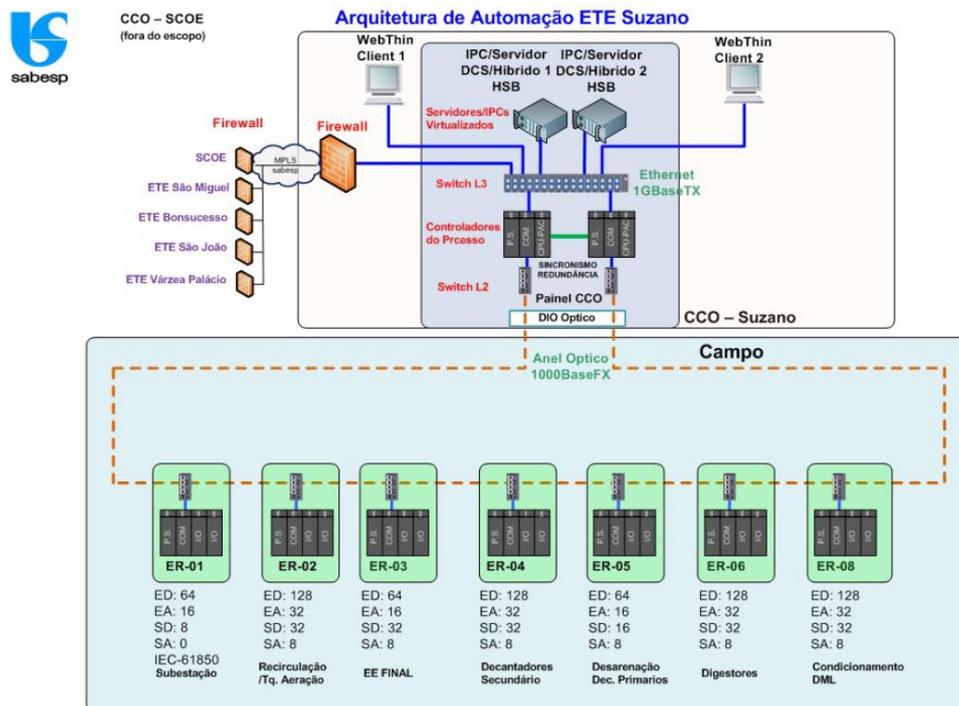


Figura 8: Arquitetura de Automação ETE Suzano.

É importante destacar, como evidenciado pelas figuras 7 e 8, que há adequação do sistema de automação de acordo com a demanda de cada uma das plantas, como é observado pela ER-01 em Bonsucesso que é vinculada a Estação Elevatória de Esgoto Bruto (EEEB), já na ETE Suzano há a nomenclatura subestação, bem como a menção do Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente de Alta Eficiência (UASB), já no segundo caso há decantadores e digestores, apenas. Ou seja, a automação se adequa ao tipo de tratamento utilizado em cada operação.

RESULTADOS OBTIDOS E ESPERADOS

O projeto está em andamento, logo os resultados esperados após o término do contrato é a automação do sistema com uma alta capacidade de disponibilidade de dados operacionais a toda rede da SABESP, que podem ser acessados através dos clientes ilimitados. Há hierarquia de telas e informações customizadas de acordo com a necessidade de cada departamento, como a automação de relatórios de produções gerados pela análise operacional diária.

As ações do consórcio gerarão autonomia para concessionária para ampliação futura do sistema, caso haja necessidade, sem precisar de atualizações de licenças para aumento de clientes e *tags* operacionais. Além disso, há a robustez operacional em caso de falha de *hardware* e/ou comunicação do link de dados. No CCO da ETE São Miguel Paulista com um sistema de *videowall* de 4 telas de 50", nessas telas são espelhados o

sistema SCADA, essenciais ao monitoramento do sistema. Garantirá condições ótimas de operação do sistema de controle das ETEs São Miguel e Suzano, gerando dados confiáveis.

Reduzirá o consumo de energia elétrica por volume tratado, além de controlar a taxa de consumo de oxigênio nos tanques de aeração através de um controle refinado de PID (Proporcional, Integral, Derivativo) em cascata, este processo, fornece uma variação contínua da saída dentro de um mecanismo de realimentação de loop de controle para controlar com precisão o processo, removendo a oscilação e aumentando a eficiência. Este controle trará uma alta eficiência energética, além de reduzir a exposição do elemento humano ao risco e condições insalubres, e a variabilidade dos processos de controle.

Aumentará a disponibilidade de ativos, implantando sistema como a condição online de bombas, compressores e válvulas de controle, melhorando a confiabilidade operacional dos atuadores eletromecânicos e instrumentos de medição de processo, reduzindo quebras e planejando manutenções preventivas através da implementação de sistemas online para gestão de ativos (*plant asset management*), assim como, a eficiência através da redução do consumo de produtos químicos, tendo em vista a redução de desperdício.

Garantirá a operacionalização da planta, permitindo a integração com o sistema a ser implementado e aos futuros sistemas; a qualidade em atendimento à legislação vigente do efluente tratado, considerando possíveis acréscimos de carga (vazão, sólidos, DBO etc.). Auxilia a padronização de operação das plantas através de treinamentos específicos e implantação de uma plataforma de simulação, na obtenção de balanços de massa e energia elétrica em tempo real, que consequentemente ajudam no controle da idade do lodo, razão de retorno, relação alimento/micro-organismo, taxa de oxigenação e taxa de aplicação de sólidos. Ou seja, múltiplos benefícios serão obtidos, através da integração de todos os painéis e sistemas garantindo segurança operacional.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As ações propostas foram fundamentadas em levantamentos de campo junto ao cliente, que norteou as ações contratuais. Os resultados obtidos na operação onde os processos necessitam de intervenção mínima humana, geram uma economia com o custo de colaboradores que operavam os processos de efluentes. Além disso, aumenta a eficiência da operação, que através da automação das atividades tem seus erros diminuídos e possíveis falhas com impacto minimizado.

Os resultados obtidos na redundância multiníveis trouxeram para o projeto uma segurança da comunicação que é constituída por infraestrutura de fibra e rádio, ou seja, caso aconteça alguma divergência em um meio de comunicação existe outra ramificação que assegure a comunicação entre as remotas, trazendo como principal benefício a garantia de obtenção de banco de dados completo e segurança operacional.

Já no que diz respeito ao sistema, o método SCADA é eficaz e seguro para SABESP, pois contém regras e *firewall*, além da questão dos clientes ilimitados onde a companhia de saneamento pode ter várias estações de controle ou até mesmo monitoramento por meios de smartphones, e possibilidade de ampliação sem aumento significativo de infraestrutura.

Como diferenciais do projeto, o sistema também corresponde a desenvolvimento de interfaces gráficas conforme norma ANSI/ISA-101 e EEMUA-201, sendo pioneiro na implementação da ISA-101, havendo maior inclusão e assertividade de controle nos elementos gráficos e padronização assegurada pela EEMUA-201. Ou seja, os projetos abordados seguem diretrizes rigorosas quando a padronização, funcionamento e operação, além de cibersegurança e comunicação, o que abrange amplo leque de resultados e benefícios.

CONCLUSÕES

Os projetos apresentados nas cidades de São Paulo, Suzano e Guarulhos, demonstram uma tendência dos processos industriais, que estão alcançando também o saneamento, no que diz respeito a ETEs. E vem ao encontro das preocupações de melhoria e eficiência operacional das companhias, podendo auxiliar a demanda

do saneamento na ampliação do tratamento de efluentes, uma vez que o investimento em automação promove a facilitação das atividades das plantas de tratamento.

Houve preocupações da companhia e do consórcio aos padrões internacionais de excelência nos procedimentos executados para implantação do sistema de automação, como foi evidenciado pelas normativas ISA-101, quanto aos painéis e interfaces gráficas e EEMUA-201, quanto a cibersegurança dos dados e informações que transitam no sistema.

Através dos resultados acima apresentados, é possível concluir que as ações realizadas pelo Consórcio Automação ETEs (São Miguel Paulista e Suzano) e Consórcio Enorsul e BEU - Engenharia (Guarulhos) nas ETEs visam a eficiência da automação dos processos, trará redução nos custos de operação, melhoria na eficiência energética. Minimizando riscos de parada nos sistemas, o que despande tempo, além de minimizar riscos de start nas ETEs, que é um processo trabalhoso, e restabelecimento do sistema.

Geram benefícios econômicos – diminuição de insumos químicos, modernização do sistema, maior segurança operacional, através das redundâncias. Por fim há evolução para indústria 4.0, que promove a integração das etapas de tratamento e do saneamento como um todo, auxiliando na promoção da universalização do saneamento e melhoria da qualidade do efluente tratado.

Isto posto, o projeto apresentado traz muitos benefícios tanto para as plantas de tratamento, com a melhoria e facilitação dos processos e do monitoramento das etapas. Além da qualidade dos dados obtidos, importantes para as melhorias ao longo prazo do tratamento e caracterização dos efluentes.

Com todos os serviços implantados, haverá economia significativa de recursos ambientais necessários e embutidos ao processo como: energia, água. E favorecimento do corpo hídrico receptor, que com os dados obtidos, obterá melhoria no tratamento com as dosagens feitas de forma mais sensível e equilibrada a cada tipo de esgoto bruto que adentra a estação – isto porque as plantas costumam receber *blend* ora com maior concentração de característica industrial, ora doméstico, contribuindo para que as dosagens sejam alteradas para adequação do tratamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DUTRA, Ricardo. A automação a serviço do uso racional da água. Minas Gerais, 22 de setembro de 2014. Disponível em: <<http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clipping/ler/5299/a-automacao-a-servico-do-uso-racional-da-agua>> Acesso em: 20/11/2022.
2. GOOGLE EARTH, website. Disponível em: <<http://earth.google.com/>> Acesso em: 20/03/2023.
3. SÃO PAULO. Prefeitura de Guarulhos. Tratamento de Esgoto. Disponível em:<<https://www.guarulhos.sp.gov.br/tratamento-de-esgoto>> Acesso em: 10/11/2022.
4. SÃO PAULO. SABESP. Estação de Tratamento de Esgotos São Miguel: história e benefícios ambientais à população. Disponível em: <<https://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaoId=65&id=7615>> Acesso em: 10/11/2022.
5. SÃO PAULO. SABESP. Sabesp comemora 40 anos de operação da Estação de Tratamento de Esgoto Suzano. Disponível em: < <https://site.sabesp.com.br/site/imprensa/releases-Detalhes.aspx?secaoId=193&id=8771>> Acesso em: 10/11/2022.