



**9711 - AUTOMAÇÃO DOS PAINÉIS DOS SOPRADORES DE AR DOS
TANQUES DE AERAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS,
TENDO COMO OBJETIVO MELHORIA NO CONTROLE DE OXIGÊNIO
DISSOLVIDO DESSES TANQUES E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO
EQUIPAMENTO**

Allan dos Anjos Pestana⁽¹⁾

Técnico em Automação Industrial pelo Instituto Federal (IFSP). Técnico em Sistemas de Saneamento – Automação na SABESP. Aluno do curso de Tecnologia em Automação Industrial na FATEC Itaquera.

Alberto Yoshio Hirata⁽²⁾

Engenheiro da computação formado pela Universidade São Judas Tadeu (USJT), participou do Programa de Excelência Gerencial pela Fundap/SABESP, cursou Gestão Empresarial pela Fatec/IPEN e Economia pela Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS). Atua como engenheiro na SABESP.

Fábio Isamu Ogawa⁽³⁾

Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Estadual Presidente Vargas. Encarregado de Automação na SABESP.

Roberto Almeida Costa⁽⁴⁾

Técnico em Automação Industrial pelo SENAI Anchieta. Encarregado de Manutenção Eletromecânica na SABESP.

Ronaldo Paladino⁽⁵⁾

Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pela Universidade do Grande ABC Anhanguera. Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Estadual Getúlio Vargas. Técnico em Sistemas de Saneamento na SABESP. Instrutor de Práticas Profissionais no SENAI A. Jacob Lafer - Santo André. Pós-graduando em Engenharia de produção pela Universidade de São Caetano do Sul.

Endereço⁽¹⁾: Av. Almirante Delamare, 3000 – Heliópolis – São Paulo - SP - CEP: 04230-000 - Brasil - Tel: (11) 2020-2406 - e-mail: apestana@sabesp.com.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar as melhorias realizadas nos painéis elétricos dos sopradores Dresser da Estação de Tratamento de Esgotos do ABC (ETE ABC), visando melhoria no controle de Oxigênio Dissolvido (OD) nos tanques de aeração, e conseqüentemente a estabilidade geral nos processos subsequentes. Visa também a eficiência energética nesta etapa do processo, considerando a Sabesp um dos maiores clientes da Companhia de Energia Elétrica da Região Metropolitana de São Paulo, Eletropaulo, e os sopradores serem os equipamentos com maior consumo da planta. Portanto qualquer diminuição na abertura dos sopradores representa importante redução no consumo de energia elétrica. Esse trabalho também detalha passo a passo as etapas e demonstra os resultados financeiros e operacionais obtidos com as intervenções realizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Soprador de ar, Oxigênio dissolvido, Tratamento de esgoto

INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Esgotos do ABC (ETE ABC) está localizada no município de São Paulo, próximo à avenida Almirante Delamare e à margem esquerda do Córrego dos Meninos, na divisa entre os municípios de São Paulo e São Caetano do Sul. A instalação atende as cidades de Santo André, São Bernardo, Diadema, São Caetano, Mauá, e uma parte da cidade de São Paulo. Com uma vazão média de 2,3 mil litros/segundo a estação beneficia aproximadamente 1,4 milhões de habitantes.

No tratamento aeróbico de uma estação de tratamento de esgotos por lodo ativado é enviado oxigênio ao chamado licor misto nos tanques de aeração. Isso ocorre, para que os microrganismos presentes neste licor possam decompor a matéria orgânica do esgoto, e os sopradores de ar são os equipamentos que realizam essa função, como ilustrado na figura 1:

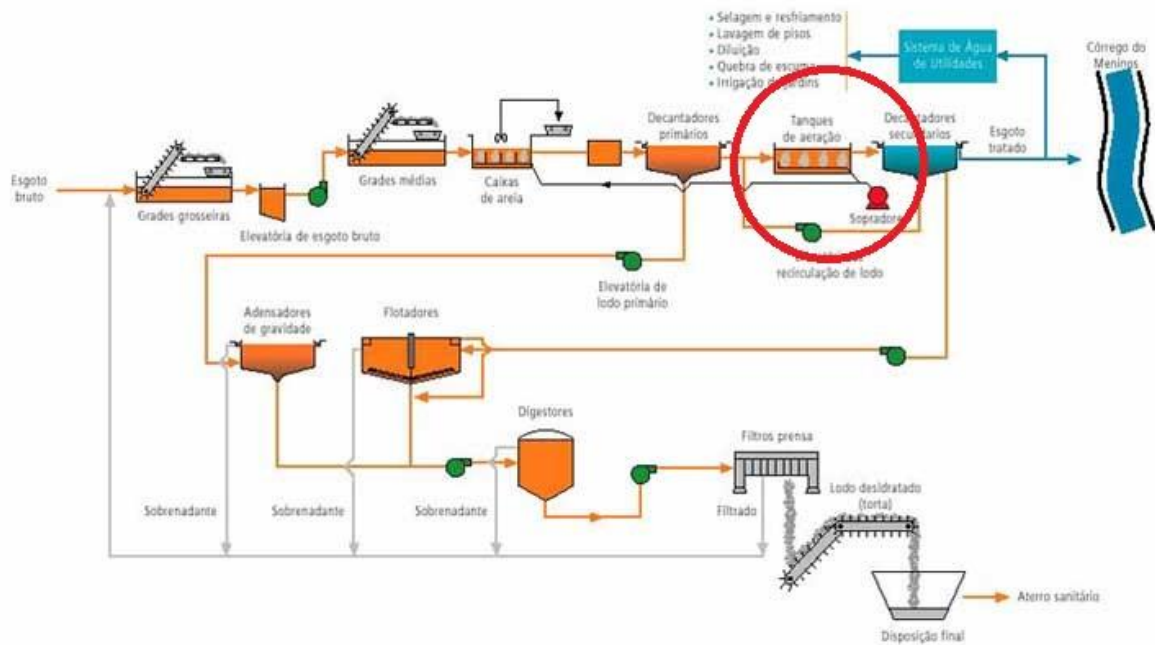


Figura 1 – Fluxograma do tratamento – ETE ABC

Segundo Van Haandel e Marais (1999) para garantir um bom desempenho do lodo na degradação do material orgânico é preciso manter um valor mínimo de Oxigênio Dissolvido (OD) no licor misto (de 1 a 2 mg/L). Estudos nos gráficos operacionais obtidos a partir do sistema supervisorio da planta demonstravam instabilidade no controle de OD dos tanques de aeração da estação, acarretando problemas em fases posteriores do tratamento. Dentre os motivos para essa instabilidade, está o fato da carga orgânica da estação ser muito variável, dependendo do horário do dia, período de chuvas, entre outros. A variação desta carga exige que a oxigenação nos tanques de aeração varie imediatamente. Segundo Metcalf e Eddy (2003) os aeradores devem permitir atender as demandas mínimas e máximas com flexibilidade e economizar energia. E segundo Jordão e Pessoa (2014) o oxigênio dissolvido é um parâmetro fundamental nos processos aeróbios para a respiração dos microrganismos que realizam a decomposição da matéria orgânica.

Os painéis antigos dos sopradores não permitiam o controle de pressão na saída do equipamento e conseqüentemente o controle de OD nos tanques de aeração. Isso acontece porque a modulação da válvula que controla vazão de ar individualmente em cada um dos tanques, altera a pressão de todo o sistema e as malhas dos outros tanques, como exemplificado abaixo, figuras 2 e 3:

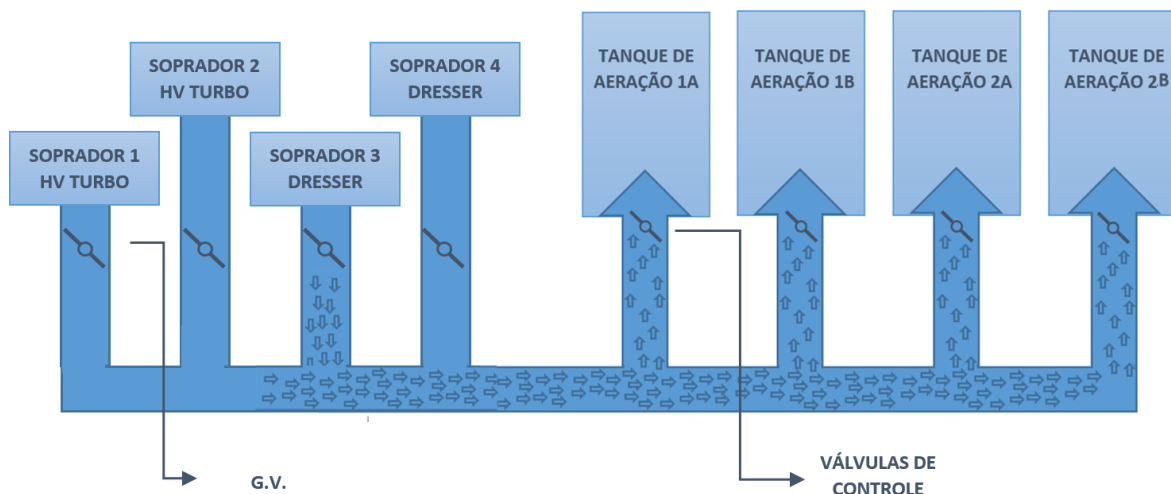


Figura 2 - Malhas de controle de OD com mesma abertura nas válvulas e pressão estável

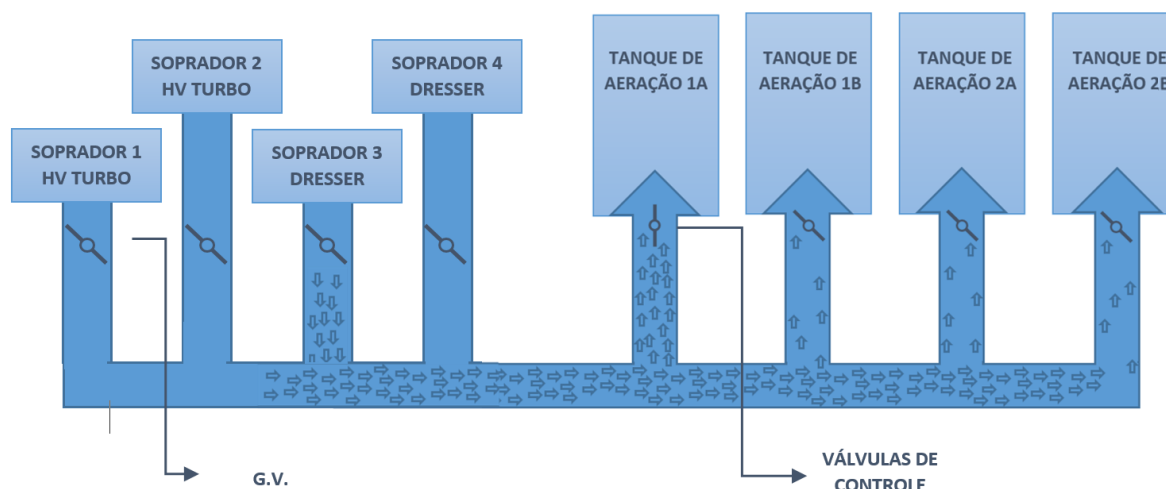


Figura 3 - Malhas de controle de OD, abertura da válvula em dos tanques afeta a pressão e o controle dos outros tanques

Pela ausência desse controle, a equipe operacional encontrava dificuldade em atender os parâmetros amônia e alcalinidade na água secundária da estação que é encaminhada ao Aquapolo Ambiental, Sociedade de Propósito Específica (SPE), parceria entre SABESP e a BRK Ambiental. O Aquapolo realiza um refinamento (tratamento terciário) e encaminha a água de reúso para o polo industrial de Mauá, que a utiliza para fins industriais. O fornecimento médio de água secundária da Sabesp para o Aquapolo Ambiental é de 450L/s, com possibilidade de expansão para até 1000L/s, vazão prevista em contrato.

Considerando a Sabesp um dos maiores clientes da companhia de energia elétrica da região metropolitana de São Paulo, e os sopradores serem as maiores cargas elétricas de suas plantas de tratamento de esgotos, o trabalho para controlar o consumo de energia desses equipamentos no valor mínimo possível, visando diminuir custos, é de extrema importância. Isso ocorre controlando a abertura do soprador, chamado de “Guide Vane”, ele determina a quantidade de ar que é soprado pelo equipamento, e quanto maior essa quantidade maior também será o consumo do mesmo. Segundo Van Haandel (1999) um dos custos operacionais mais evidentes em uma planta de tratamento de esgotos é com a energia gasta na aeração.

Na análise orçamentária do ano 2017 da Unidade de negócio, o gasto com energia elétrica foi a segunda maior despesa da Unidade de Negócio de Tratamento de Esgotos da Região Metropolitana de São Paulo - MT, ficou atrás somente da conta de pessoal. O gasto com energia elétrica representou 25,4% dos gastos da Unidade, que correspondeu a aproximadamente 63,5 milhões/ano. O gasto na Sabesp com energia elétrica em 2017 foi equivalente a R\$ 827 milhões e a parcela de contribuição da MT foi de aproximadamente 7,8% desse total.

A potência nominal do motor do soprador Dresser, responsável por enviar ar aos tanques de aeração da ETE ABC, é de 3550 CV ou 2611 kW em sua abertura total, ou seja, soprando o máximo de ar possível, e 1392 kW em sua abertura mínima. Levando-se em consideração a média do valor pago por mês no ano de 2017 e o consumo em kWh, podemos calcular a média do valor pago por kWh, chegando ao valor aproximado de R\$ 0,2563. A partir de controles internos, foram construídas as tabelas a seguir, onde podemos calcular quanto custa esse equipamento individualmente em sua abertura mínima, por mês à unidade de negócio, chegando ao valor de R\$ 256.892,63/Mês.

Tabela 1 - Média de valores pagos em 2017 ETE ABC (R\$/kWh)

| 2017 | Pagamentos total incluindo impostos (R\$) | Consumo por mês (kWh) | Média (R\$/kWh) |
|--------------------|---|-----------------------|------------------|
| Média anual | 666.710,36 | 2.604.733,73 | 0,2563057 |



Tabela 2 - Custo mensal do soprador Dresser a unidade

| Abertura do GV (%) | Corrente (A) | Potência (kWh) | Consumo mensal(kWh) | Custo mensal(R\$) |
|--------------------|--------------|----------------|---------------------|-------------------|
| 29 (Mínima) | 128 | 1392 | 1.002.289 | 256.892,63 |
| 100 (Máxima) | - | 2611 (Nominal) | 1.879.920 | 481.823,50 |

$$Potência (kW) \times Tempo(h) \times Tarifa \left(\frac{kW}{h}\right) = Custo (R\$)$$

Equação (1)

É necessário levar em conta ainda que este custo médio de R\$ 0,2563 é um valor considerado baixo, e a explicação é de que a ETE ABC é um consumidor do ambiente de contratação livre de energia (Mercado Livre de Energia) e esse valor poderia ser ainda maior em outras ETE's.

O consumo anual do Soprador Dresser em sua abertura mínima seria de 12.027.479,4 kWh equivalente ao consumo residencial do município Itai em 2016, com 7186 consumidores, conforme figura 4:

Anuário de Energéticos por Município 2017 - ano base 2016

Energia Elétrica - Número de Const

| MUNICÍPIO | RESIDENCIAL | | COMERCIAL | | RURAL | | INDUSTRIAL | | ILUMINAÇÃO PÚBLICA | | PODER PÚBLICO | | SERVIÇO PÚBLICO | | CONSUMO PRÓPRIO | |
|-----------------|--------------|-------------------|------------|------------------|-----------|-------------------|------------|----------------|--------------------|------------------|---------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------|
| | N.C. | kWh | N.C. | kWh | N.C. | kWh | N.C. | kWh | N.C. | kWh | N.C. | kWh | N.C. | kWh | N.C. | kWh |
| Inúbia Paulista | 1.292 | 2.365.277 | 98 | 2.507.416 | 125 | 933.154 | 4 | 18.979 | 1 | 523.296 | 43 | 293.105 | 7 | 247.384 | 2 | 3. |
| Ipaussu | 4.838 | 9.196.358 | 319 | 3.788.934 | 87 | 692.046 | 54 | 5.913.658 | 26 | 1.747.973 | 65 | 678.396 | 10 | 839.605 | 3 | 27. |
| Iperó | 9.898 | 20.305.298 | 198 | 5.006.978 | 176 | 1.312.415 | 68 | 21.012.345 | 7 | 2.017.790 | 154 | 15.192.971 | 25 | 1.754.237 | 1 | |
| Ipeúna | 2.708 | 5.144.745 | 153 | 1.480.645 | 283 | 5.255.262 | 67 | 16.274.718 | 28 | 1.213.253 | 50 | 562.517 | 13 | 446.411 | 1 | 10. |
| Ipirigüá | 1.246 | 2.524.235 | 45 | 736.389 | 36 | 4.069.515 | 9 | 1.677.817 | 4 | 322.701 | 25 | 346.252 | 8 | 301.896 | 0 | |
| Iporanga | 1.222 | 1.771.657 | 97 | 578.580 | 209 | 334.196 | 3 | 4.368 | 13 | 246.126 | 47 | 205.380 | 14 | 313.934 | 2 | 6. |
| Ipuã | 5.334 | 11.316.988 | 319 | 3.451.724 | 150 | 3.341.131 | 22 | 9.499.842 | 8 | 1.300.385 | 87 | -3.946.183 | 9 | 983.409 | 2 | 20. |
| Itacemópolis | 7.592 | 16.402.013 | 724 | 6.600.471 | 106 | 3.397.163 | 177 | 20.523.130 | 24 | 2.776.242 | 63 | 1.129.209 | 14 | 1.351.454 | 1 | 87. |
| Itapuaçu | 2.386 | 4.798.019 | 205 | 1.510.736 | 312 | 2.913.213 | 10 | 259.523 | 10 | 722.385 | 40 | 344.210 | 11 | 297.504 | 2 | 7. |
| Itapuru | 2.242 | 3.837.428 | 211 | 1.289.537 | 441 | 1.376.863 | 10 | 151.366 | 8 | 670.817 | 41 | 1.415.843 | 14 | 1.128.443 | 0 | |
| Itaberá | 5.103 | 7.575.731 | 414 | 6.220.480 | 1.503 | 18.403.408 | 23 | 1.030.078 | 12 | 1.011.647 | 83 | 697.193 | 13 | 860.268 | 3 | 38. |
| Itai | 7.186 | 11.905.688 | 448 | 4.314.714 | 68 | 69.977.548 | 41 | 352.021 | 22 | 2.564.764 | 67 | 798.524 | 10 | 1.285.517 | 3 | 59. |
| Itajobi | 5.262 | 12.374.375 | 567 | 5.600.751 | 764 | 7.116.266 | 78 | 15.972.394 | 6 | 1.740.601 | 64 | 825.610 | 21 | 1.096.465 | 3 | 5. |
| Itajú | 1.578 | 2.585.017 | 73 | 578.758 | 285 | 2.238.230 | 14 | 1.015.770 | 18 | 505.780 | 30 | 302.235 | 3 | 213.160 | 0 | |

Figura 4 – Anuário de Energéticos por Município Estado de São Paulo – Energia Elétrica – Ano base 2016

OBJETIVOS

As estações de tratamento da unidade realizam a controle de oxigênio nos tanques de aeração de forma manual, com o controle e monitoramento feitos pelo operador, contudo, esta prática pode representar uso em quantidade excessiva de energia elétrica aumentando os custos do tratamento e contrariando o objetivo estratégico conforme pode ser observado no mapa operacional, figura 5, para a unidade de negócio item 8 – Otimizar recursos e 4 – Assegurar a qualidade dos serviços, considerando que esse método não é preciso e muitas vezes terá o valor de oxigênio dissolvido fora do determinado.

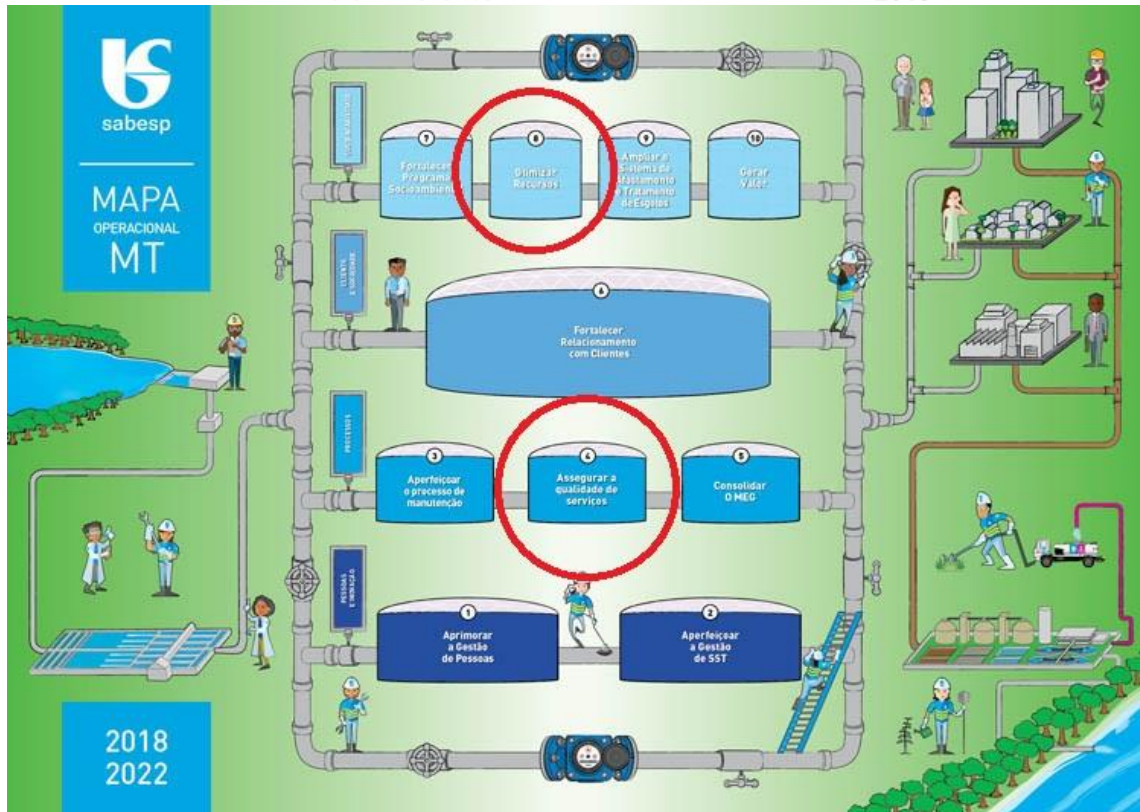


Figura 5 - Mapa operacional da UN

O não atendimento dos parâmetros contratuais com o Aquapolo pode gerar redução do faturamento da Sabesp e possível repasse das penalidades impostas ao Aquapolo pelo cliente final dessa água no polo industrial de Mauá.

O relatório de gestão de energia indicava fragilidade no controle de consumo por parte dos sopradores, onde aberturas desnecessárias dos GV's poderiam acarretar estouro da demanda contratada e conseqüentemente multa. Considerando a demanda contratada para a ETE ABC em 4700 kW, apenas 15 minutos de funcionamento do soprador em sua abertura total, já são suficientes para imposição da multa. Os valores das taxas praticadas para o período de penalização sofrem um aumento de 135%, e o valor pago seria de no mínimo R\$6.652,02 para o período de ponta e R\$4.722,11 para o período fora de ponta.



Tabela 3 – Valor de multa quando ultrapassada demanda contratada, tarifas referentes a fevereiro/2018

| Imposto | Período | Tarifa comum | Tarifa sob penalização |
|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 18% | | | |
| Demanda contratada | Ponta | R\$ 10,19513 | R\$ 23,98853 |
| 4700 | Fora de ponta | R\$ 7,27728 | R\$ 17,02889 |
| Porcentagem ultrapassada | Potência ultrapassada | Valor da multa - Período Ponta | Valor da multa - Fora de ponta |
| 5% | 235 | R\$6.652,02 | R\$4.722,11 |
| 10% | 470 | R\$13.304,04 | R\$9.444,22 |
| 15% | 705 | R\$19.956,06 | R\$14.166,33 |

METODOLOGIA UTILIZADA

Em janeiro de 2016 começaram a ser realizadas reuniões entre as equipes de operação e manutenção. Após relacionados os problemas quanto a instabilidade do controle de oxigênio na planta e consumo de energia acima do esperado, foi identificado que os painéis de comando dos sopradores estavam ultrapassados, com equipamentos obsoletos e apresentando problemas. Além disso, não permitiam implementar malhas de controles mais refinadas como será visto posteriormente. Esses problemas foram identificados através da ferramenta da qualidade - “cinco porquês”, e já em março de 2016 começaram a ser realizadas as tarefas no soprador 03.

| 1º Por quê? | 2º Por quê? | 3º Por quê? | 4º Por quê? | 5º Por quê? | Ação | Tarefas | Responsável | Prazo |
|--|---|--|---|--|--|--|---|--------|
| Problemas com Amônia no efluente final da estação | | Malha individual de OD em um tanque afeta os outros três tanques | Não há malha para controle de pressão nas saídas dos sopradores | Painel de controle é muito antigo e obsoleto | Troca do painel de comando | Troca do Pannel do Dresser 03 | Equipe de Automação e Eletromecânica | jun/17 |
| Problemas com a DQO da estação | Instabilidade no controle de Oxigênio no tanques de aeração | | | | | Contratação para troca do Pannel do Dresser 04 | Equipe de Planejamento e controle de manutenção (PCM) | jun/18 |
| Problemas com sólidos no efluente final da estação | | | | | Inserir malha para controle de pressão no Controlador Lógico Programável | | Equipe de Automação | jun/17 |

Figura 6 - 5 porquês

Um dos principais obstáculos para a troca desses painéis, era o caráter emergencial, com a diretriz da alta administração da unidade quanto ao prazo para realização desse trabalho. O soprador Dresser 03, com capacidade de 130.000 Nm³/h, deveria operar até junho/2017, substituindo os dois sopradores HV Turbo que trabalhavam em conjunto, com capacidade de 48.000 Nm³/h cada, disponibilizando-os assim para serem utilizados no departamento oeste da Unidade de negócio.



Uma sugestão de melhoria foi inscrita na ferramenta de gestão de planos de ação, GEDOC, relacionada ao projeto para acompanhamento das atividades sob o número 382/17. E uma “Não conformidade” foi aberta sob o número 92/15.

O sistema supervisório da planta registra diversos dados dos quatro tanques de aeração, entre eles, o oxigênio dissolvido. Analisando esses dados é possível observar a necessidade de aprimorar o controle dessa variável, ora muito abaixo, ora muito acima do set-point estabelecido como ideal (Entre 1,0 e 1,5 mg/L) presente no procedimento operacional PO-ES0311 V.6 disponível para consulta no Sistema de Organização Empresarial (SOE). Pode ser visto no registro de OD no período de agosto de 2016 a julho de 2017, figura 7:

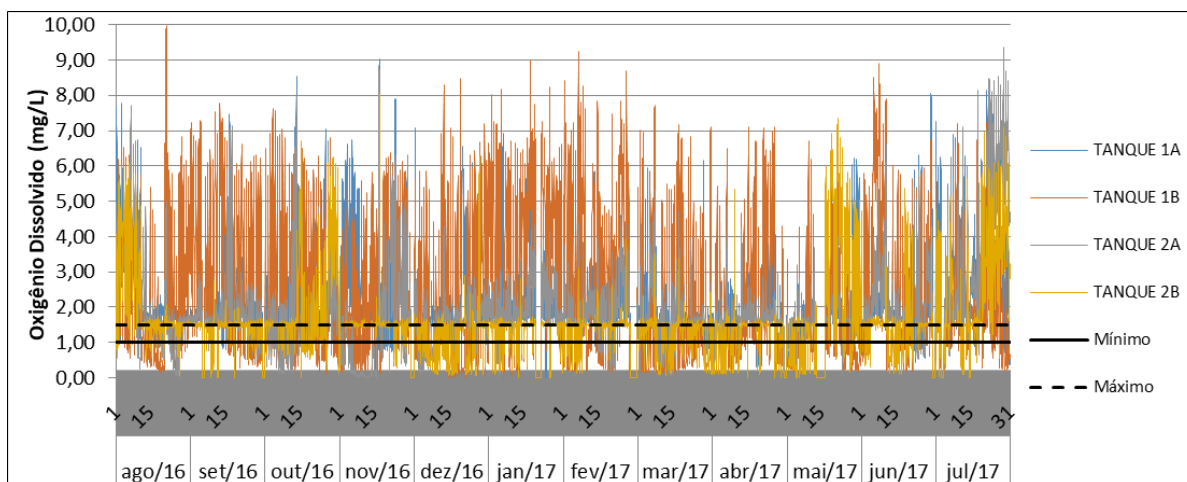


Figura 7 - Oxigênio Dissolvido – Tanques 1A,1B,2A e 2B – agosto/2016 – julho/2017

O período de estudo para o trabalho foi janeiro a março de 2016. A equipe de Automação/Instrumentação buscou no mercado solução para colocar o soprador Dresser em funcionamento, além de modernizar seu painel e resolver problemas referentes a restrições do antigo comando quanto aos controles, segurança, e redução do consumo de energia. Esses equipamentos industriais, Controle Lógico Programável (CLP) e Interface Homem Máquina (IHM), deveriam ter protocolos de comunicação usuais. A equipe decidiu por implementar os controles com comunicação Ethernet/IP, facilitando assim a futura comunicação com sistema supervisório da planta.

Um parceiro externo com experiência em malhas de controle, Jones Clemente Camilo, da empresa fornecedora de CLP, Altus, ajudou a trabalhar na malha de controle de pressão, juntamente com um profissional da equipe de engenharia da Sabesp. Com experimentos simples realizados em bancada e utilizando simuladores em computador antes mesmo da instalação do novo painel, a equipe pode visualizar e projetar como o controle deveria ocorrer.

Devido ao planejamento quanto ao recurso e ao prazo desse projeto, decidiu-se contratar a troca do painel de controle do Dresser 04. Levou-se em consideração também que tendo sido realizado o trabalho de implementação no soprador Dresser 03, já possuiríamos as aplicações do CLP e IHM e contratando a instalação do painel para o Dresser 04, seria somente instalar a aplicação no mesmo, sendo assim mais ágil e econômico esse trabalho. A equipe designada e mais preparada para essa tarefa foi a de pacote técnico.

Dentre as contribuições do estudo, a equipe contou com a experiência da engenharia de processo da planta para avaliar todas as possibilidades de intervenção no novo painel de comando dos sopradores e levantou as necessidades para a automação, enquanto a equipe de especialistas analisava a viabilidade da implantação.

A equipe de engenharia elétrica, que já cuida da gestão de energia da Unidade, inclusive a ETE ABC, verificou a viabilidade técnica do projeto. Essa verificação ocorreu analisando os gastos com energia elétrica da planta, e atribuindo a qual fração desse total o soprador era responsável e o potencial de redução de gastos com eletricidade.

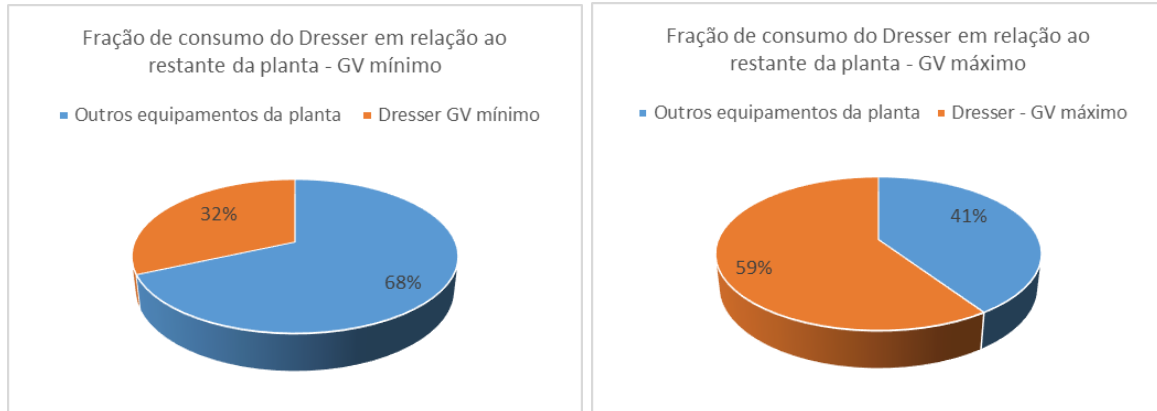


Figura 8 – Fração de consumo do Dresser em relação ao restante da planta

Para o Dresser 03, foi montado em bancada o novo painel de automação, realizados testes utilizando calibradores multiparâmetros portáteis para simular as grandezas envolvidas, como por exemplo sensores de temperatura PT100 e CU10 encontrados nos sopradores, e deixar o programa pronto para quando o painel fosse instalado em campo, o que possibilitou maior agilidade ao projeto.

Nessa etapa a equipe eletromecânica juntou-se ao trabalho, com grande experiência nos comandos elétricos encontrados no antigo painel, realizou em conjunto com a equipe de automação, o trabalho de migrar os conceitos de funcionamento desse equipamento, para a linguagem de programação de máquina *Ladder* utilizada no CLP, permitindo que muitas das rotinas acontecessem agora de maneira automática (Figura 9).

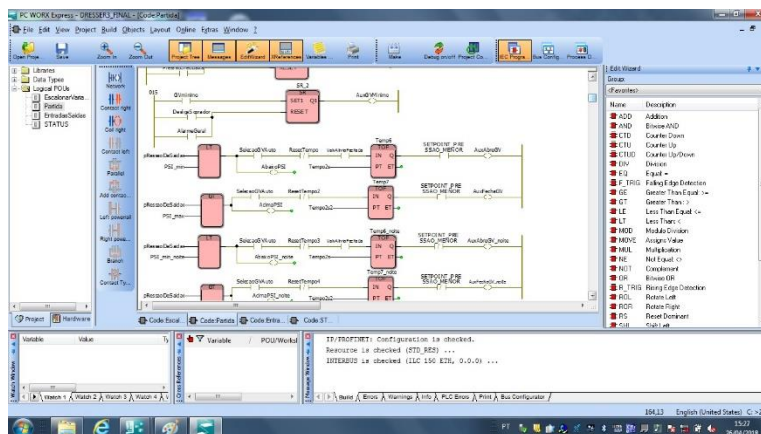


Figura 9 – Antigos projetos elétricos passam a integrar a lógica de programação no CLP

Após os testes em bancada, a solução foi gradualmente integrada ao soprador. A criação das telas da IHM, sua apresentação e prioridades teve contribuição dos próprios operadores do equipamento, que atuam no mesmo há muitos anos, com ideias e sugestões de melhoria de como o equipamento deveria funcionar, redução de tarefas manuais e otimização visual das telas.

O novo painel substituiu antigos equipamentos de medição e controle que eram analógicos pelos novos, que são integrados à IHM instalada no local.

Algumas metas foram definidas para a modernização e os benefícios que eram esperados (Figura 10):



| ANTES | DEPOIS | BENEFÍCIO ESPERADO |
|---|--|---|
| Indicador de alarmes por sinaleiro | Historiador de alarmes incorporador ao CLP e IHM | Indica horário exato da ocorrência da falha, caso exista mais de uma falha é possível identificar a primeira que desencadeou as outras. |
| Indicação de pressão e vácuo do sistema por manômetros | Indicação incorporada ao CLP e IHM via entrada analógica | Evita erros relacionados a instrumentos (Erro de paralaxe, falha na indicação) |
| Comando e indicação de estado das válvulas por botoeiras e sinaleiros | Comandos e indicações incorporados ao CLP e IHM | Evita falhas relacionadas a comandos elétricos (contatores ou lâmpadas queimadas, botões danificados) |
| Indicadores de temperaturas através de galvanômetros | Indicações incorporados ao CLP e IHM | Evita erros relacionados a instrumentos (Erro de paralaxe, falha na indicação) |
| Sem malha para controle de pressão | Malha para controle de pressão no CLP | Melhoria no controle de OD dos Tanques de aeração, autonomia do operador. |

Figura 10 – Antes e depois, benefícios esperados

À medida em que o painel foi montado, testado em bancada e gradativamente colocado em operação pela equipe de manutenção, composta por profissionais de automação, eletromecânica e instrumentação, vários profissionais contribuíram para que o *start-up* acontecesse da melhor maneira.

A própria manutenção possuía interesse no êxito do projeto, pois o bom resultado do mesmo acarretaria em diminuição de horas de manutenção aplicadas em um equipamento crítico, e o aumento da confiabilidade operacional do mesmo.

A equipe operacional com interesse em manter os parâmetros de processo da estação dentro dos limites pré-determinados, atender seus clientes e otimizar o trabalho dos operadores, pode contribuir em várias etapas do processo de criação, desde a sequência de abertura e fechamento de válvulas inseridas no controlador que deveriam ocorrer em modo automático até a concepção das telas na IHM e maneiras de dispor os objetos na tela a fim de facilitar a operação do equipamento.

Por parte da superintendência havia o interesse em disponibilizar o equipamento para o departamento oeste, como mencionado anteriormente. E com relação a equipe de engenharia elétrica, os interesses eram de melhorar o controle de demanda e consumo de energia da planta, visando diminuir custos e evitar multas.

Através de um *Brainstorm* entre as equipes de manutenção, verificou-se que um trabalho semelhante foi realizado nos filtros prensa da ETE Suzano, pertencente ao mesmo departamento, pouco tempo antes desse trabalho ocorrer nos sopradores da ETE ABC, e serviu como inspiração para o trabalho.

Desde a etapa em que o projeto estava em bancada até o período de testes foi fundamental a participação de vários profissionais das diversas áreas envolvidas no trabalho. Os problemas que haviam sido relacionados nos painéis antigos pelos operadores e profissionais da eletromecânica, agora eram resolvidos com sugestões dessas mesmas pessoas. Como por exemplo o registro da vibração dos mancais do equipamento, interesse e sugestão da equipe eletromecânica em inserir no novo projeto, pois permite prever futuras falhas no equipamento. Outro exemplo é a identificação dos set-points máximos admitidos para as grandezas medidas no painel, sugestão da equipe operacional que facilitaria seu trabalho.



RESULTADOS OBTIDOS

O novo painel funciona de maneira amigável ao operador e é de fácil operação e manutenção. Permite partir o equipamento com rapidez, e tem a abertura e fechamento de válvulas em seqüência feitos de maneira automática. Tem informações agrupadas de acordo com as funções, grandezas e partes do equipamento, facilitando a visualização dessas informações nas telas (Figura 11).

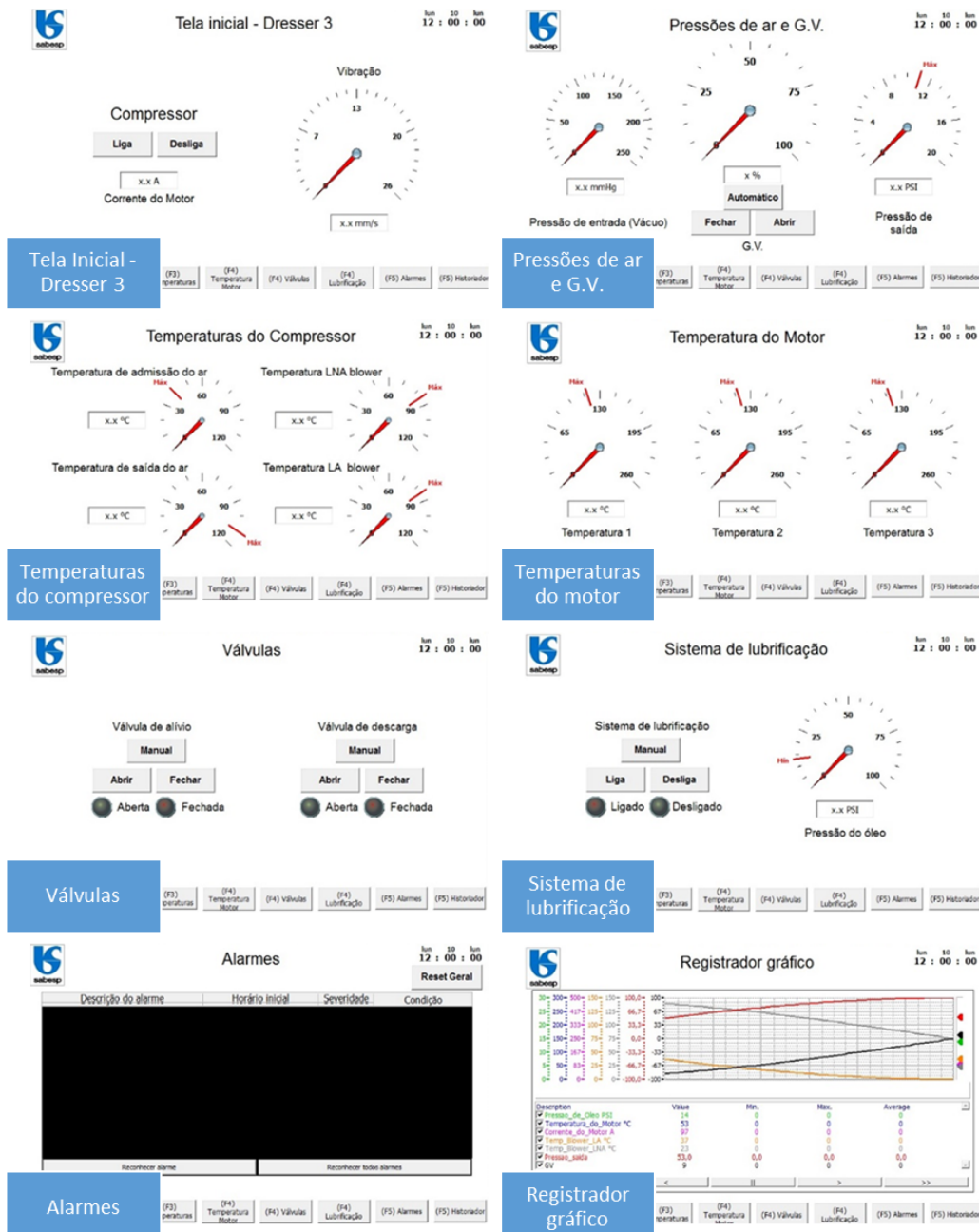


Figura 11 - Telas confeccionadas na IHM



As telas que foram criadas para o novo comando dos sopradores Dresser, com contribuições e dicas de todos as áreas demonstram a importância de tais pessoas envolvidas. Medidas simples, como por exemplo, a indicação da temperatura máxima admitida em certo ponto, vista na tela “Temperaturas do Compressor” agora ajuda operadores novos a operar o equipamento. A tela “Alarmes” registra o horário exato que uma falha ocorreu, se ainda está ativo e o grau de severidade. A tela “Registrador gráfico” possui variáveis chaves para serem selecionadas e vistas na área de plotagem, facilitando a manutenção.

Duas das telas criadas na IHM foram estratégicas para acompanhamento e prevenção de problemas no período de testes do novo painel, as telas “Registrador Gráfico” e “Alarmes”. Na primeira é possível acompanhar em qual pressão o nível de oxigênio se mantém estável entre outros acompanhamentos. Já a segunda mantém registrado qualquer problema referente a alarmes não previsto, agilizando a solução.

A prática evita falhas relacionadas a comandos elétricos, haja vista que agora a sequência de funcionamento, intertravamentos, sinalização e acionamentos são feitos via CLP e IHM. Evita também erros relacionados a indicadores como manômetros e galvanômetros, sendo as indicações de pressão, temperatura e corrente elétrica feitas diretamente na IHM.

O trabalho previne a aplicação de multas contratuais com relação a demanda de energia, devido a aeração mais estável do soprador. Previne também a instabilidade no controle de oxigênio, tendo a malha de controle de pressão na saída do soprador funcionando em automático.

O novo painel também segue diretrizes do programa 5S, prática utilizada na Unidade. Montado de acordo com o padrão utilizado na Sabesp, o painel é muito mais organizado, limpo e possui documentação atualizada a fim de facilitar resolução de problemas, aumentar a segurança e diminuir desperdícios.

O novo painel de comando, agora mais amigável e fácil de operar, permite “partir” o compressor com rapidez. Muitas das sequências de partida e intertravamentos agora são feitos de maneira automática. Abertura e fechamentos de válvulas que devem obedecer determinada sequência são feitos sem intervenção humana e o operador somente acompanha o funcionamento do equipamento.

Controle de pressão de lubrificação, que é crítico ao equipamento, haja vista que se não for adequada pode danificar um equipamento de alto custo é feito de maneira autônoma e isso resulta maior segurança aos operadores.

O antigo sistema de controle e comando dos sopradores exigia maior habilidade do responsável pela operação, falhas humanas eram mais suscetíveis de acontecer. Comparado a interface de operação do antigo painel que possuía vários equipamentos e instrumentos, para operar o soprador no novo sistema, basta navegar nas telas da IHM.

Após a implementação do trabalho foi realizado repasse aos técnicos de operação quanto a rotina de funcionamento do novo painel do soprador, e não foi encontrado resistências nas mudanças. Realizado no local, o objetivo foi simular partidas do equipamento, abertura e fechamento de válvulas e acompanhamento das grandezas medidas a fim de familiarizar o operador com o novo painel. A IHM instalada no local é *touchscreen*, tecnologia já difundida tanto no dia-a-dia quanto em equipamentos nas plantas de tratamento de esgotos, e isso reduziu o período de adaptabilidade.

No início do ano 2016 começaram os estudos e as tarefas no soprador Dresser 03. Após realizados esses trabalhos e constatado os ganhos obtidos, optou-se por contratar a troca do painel do soprador Dresser 04. Segue abaixo o cronograma das tarefas:



| TAREFAS | jan/16 | fev/16 | mar/16 | abr/16 | mai/16 | jun/16 | jul/16 | ago/16 | set/16 | out/16 | nov/16 | dez/16 | jan/17 | fev/17 | mar/17 | abr/17 | mai/17 | jun/17 | jul/17 | ago/17 | set/17 | out/17 | nov/17 | dez/17 | jan/18 | fev/18 | mar/18 | abr/18 | mai/18 | jun/18 | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| Aquisição de material para a troca do painel Dresser 03 | █ | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Montagem do painel Dresser 03 | | | | █ | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalação do painel Dresser 03 | | | | | | █ | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Testes painel Dresser 03 | | | | | | | | | | | █ | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Operação assistida Dresser 03 / Repasse | | | | | | | | | | | | | | █ | █ | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | |
| Inserção da malha para controle de pressão Dresser 03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | █ | █ | | | | | | | | | | | |
| Elaboração do pacote técnico para a troca do painel Dresser 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | █ | █ | | | | | | |
| Contratação do serviço para a troca do painel Dresser 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | █ | █ | █ | █ | | | |
| Execução do serviço troca do painel Dresser 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | █ | █ |
| Planejado | █ | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Executado | █ | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 12 – Cronograma de tarefas

Após instalado o painel no local, mas ainda em fase de testes, ficou possibilitado ao operador deixar a abertura do GV em manual caso fosse percebido que o nível de OD nos tanques estava fora do pré-determinado. Isso ocorreu em alguns momentos devido a vazamentos de ar na planta, e pôde ser restabelecido o nível de OD desejado com rapidez, colocando a abertura do GV manual.

Com a troca do painel do soprador Dresser 03 realizada, metas como sanar problemas dos indicadores do antigo painel, ausência de registradores, problemas de comandos elétricos e o controle refinado de OD foram alcançadas.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A solução é aplicável e existe intenção de replicar em outras estações de tratamento de esgotos da unidade. A prática foi inscrita no programa de incentivo à inovação da Unidade de Negócio, chamado “GeMTe que cria”. A ideia foi aprovada, considerada relevante e abrangente para aplicação em outras áreas da Unidade de Negócio, sendo definido um patrocinador para o acompanhamento da implementação. O presente trabalho foi finalista no programa Profissional Destaque, categoria “Processo operacional” e também apresentado no evento para GeMTe que Aprende - Inovação em agosto de 2017 sendo avaliado pelo Comitê do Programa, (composto por profissionais de diversas áreas).



Implementado um simples controle de pressão na saída do Soprador Dresser 03, foi possível observar imediata melhora no controle de oxigênio dissolvido de todos os tanques de aeração, haja vista que essas malhas funcionam em cascata e uma depende da outra (Figuras 13 e 14).

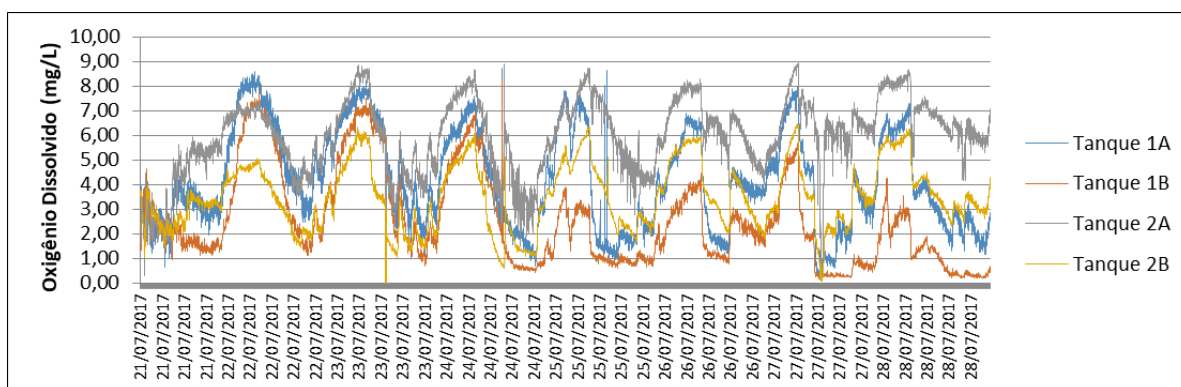


Figura 13 – Oxigênio dissolvido nos tanques de aeração antes da implementação do trabalho

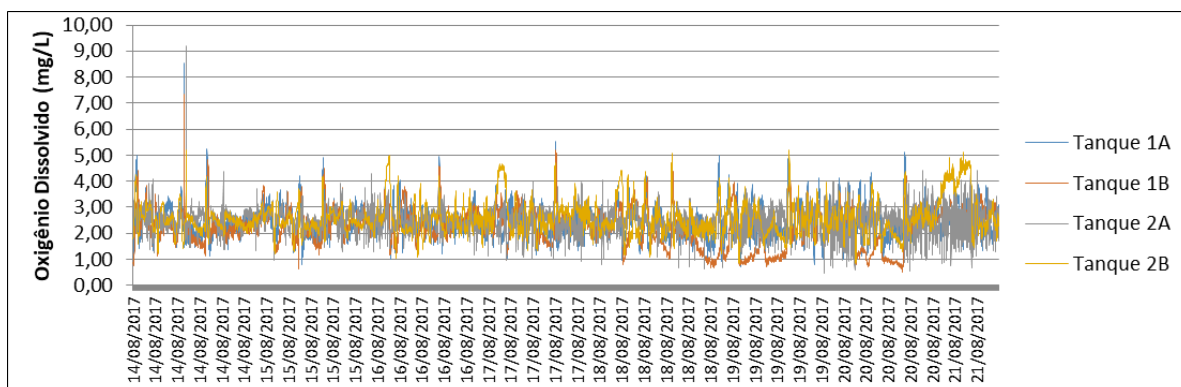


Figura 14 – Oxigênio dissolvido nos tanques de aeração depois da implementação do trabalho

O projeto é avaliado a partir do dado de OD nos tanques de aeração extraído do supervisório, agora muito mais estável. A pressão na saída do compressor foi ajustada inicialmente em 10,5 PSI, desta forma atendendo a demanda dos tanques com “sobra”, então foi baixada gradativamente até obter-se um ponto ótimo.

A melhoria do valor de OD nos tanques de aeração se mostrou diretamente ligada ao controle de pressão devido a estabilidade permanecer nos meses que se seguiram (Figura 15). Isso é observado no período em que a malha de controle de pressão esteve em automático, a partir de agosto. É possível refinar ainda mais, tantos as malhas de OD, quanto a de pressão do soprador, e esse trabalho já está sendo planejado.

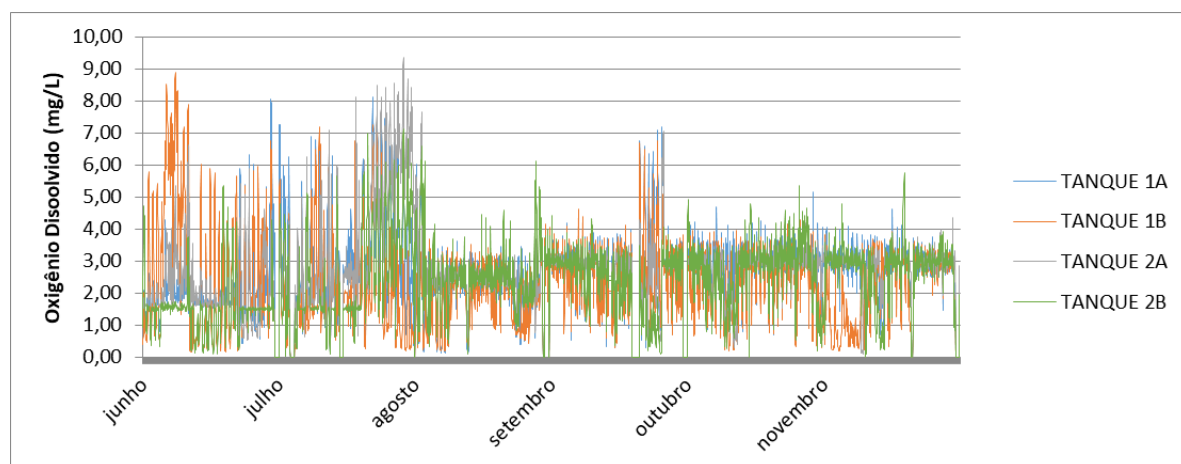


Figura 15 - Oxigênio dissolvido nos tanques de aeração depois da implementação do trabalho



Com o trabalho realizado foi possível atender os parâmetros da água secundária fornecida ao polo industrial com maior facilidade, isso devido a estabilidade do OD nos tanques de aeração. Por exemplo o controle no parâmetro Amônia, a partir do meio do mês de junho de 2017, onde começaram a ser realizados os primeiros testes efetivos com a malha de controle de pressão atuando no soprador Dresser 03 (Figuras 16 e 17). Valores baixos de Amônia, em torno de 1 mg/L, também são prejudiciais ao processo, e a ocorrência deles diminuiu depois do trabalho.

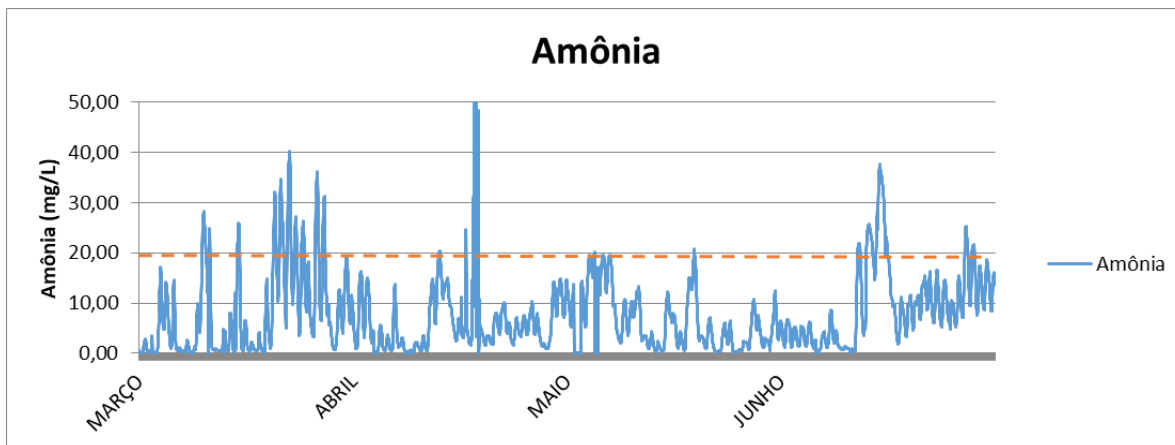


Figura 16 – Amônia, água secundária da estação antes do controle de pressão

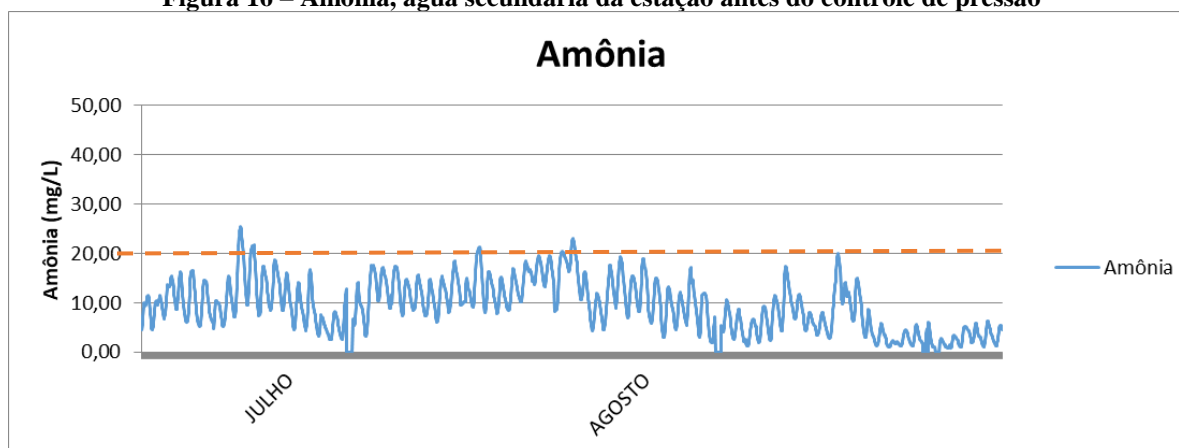


Figura 17 – Amônia, água secundária da estação depois do controle de pressão

Seguem imagens antes e depois do projeto (Figuras 18 e 19).



ANTES

- Acionamentos via comandos elétricos
- Excesso de componentes



DEPOIS

- Acionamentos via CLP
- Quantidade de componentes otimizada

Figura 18 – Antes e depois da parte interna do painel



ANTES

- Historiador de alarmes por sinaleiro
- Manômetros e Galvanômetros
- Medidores de temperatura e corrente analógicos



DEPOIS

- Historiador de alarmes e gráfico via IHM
- Pressão e vácuo indicados na IHM
- Temperatura e corrente indicados, monitorados e registrados na IHM

Figura 19 – Antes e depois da parte externa do painel



O trabalho se mostrou viável e abrangente, pois mesmo considerando os custos de mão-de-obra técnica aplicada no projeto, relacionados a aquisição de materiais para o soprador Dresser 03 e contratação para substituição do painel do Dresser 04, os ganhos operacionais e financeiros obtidos são altos e a curto prazo. O controle de demanda contratada por parte do soprador tendo maior controle, diminui a probabilidade de estouro de demanda e imposição de multa pela companhia de energia elétrica. O consumo do equipamento sendo menor, diminui gastos com energia elétrica. E os parâmetros operacionais mais controlados, diminui o risco de repasse de multas pelo Aquapolo a estação, evita redução do faturamento da companhia e atende-se com mais facilidade aos órgãos fiscalizadores.

Tabela 4 – Custos do projeto

| Custos da Ordem de Manutenção / Aquisição / Pacote técnico | Valor | Período |
|---|---|----------------|
| SAP - OM 8000025263/800023439 | 106 Horas / R\$ 8.399,63 | 2016-2017 |
| SGM - OS 2199516/16 | Aproximadamente R\$ 10.000,00 | 2016 |
| Pacote técnico Dresser 04 | R\$ 67.707,07 | 2018 |
| Aquisição de materiais Dresser 03 | Aproximadamente R\$ 8.000,00 | 2016 |
| CLP e IHM Dresser 03 | Cedido Dep. Oeste (Aproximadamente R\$25.000,00) | 2016 |

Foram obtidos ganhos intangíveis após a implementação do trabalho, por exemplo, tendo as malhas operando em automático, o trabalho manual dos operadores nas válvulas dos tanques de aeração diminuiu. Benefícios relacionados a sociedade com o atendimento aos órgãos fiscalizadores e regulador (CETESB, ARSESP) em relação ao efluente final da estação, também foram adicionados.

Houve redução de homem-hora nos sopradores da estação, que é um equipamento crítico. Além do aprendizado ao implantar o projeto, que se aplica em outras unidades.

O trabalho foi reconhecido pelas gerências de manutenção e operação da unidade, através do programa de incentivo a inovação da unidade, “GeMTe que cria”, com recebimento de brindes e encaminhando o trabalho para concorrer ao programa de reconhecimento da superintendência, “Profissional Destaque”.

Aquapolo BRK Ambiental recebendo efluente com os parâmetros pré-definidos não necessita realizar processo de osmose reversa na água que é encaminhada ao polo industrial de Mauá.

Depoimento, Engenheira de processo da planta: *“A amônia muito baixa, em torno de 1 ppm, complica o processo, necessita aplicação de soda caustica nos tanques biológicos. Em resumo, temos que controlar o OD para não desperdiçar energia e controlar a nitrificação, para que não ocorra a nitrificação completa e derrubando a alcalinidade e o pH.”*

Depoimento, Técnico operacional: *“A troca da IHM do soprador 03 trouxe benefícios. Facilidade ao ligar e desligar o equipamento, pois a IHM faz de maneira automática a sequência de checagem das etapas de partida do soprador, bem como o ajuste do sistema ar óleo, alta segurança para o operador, pois visualiza via painel os parâmetros de todas as etapas, ajuste mais refinado de abertura e fechamento de Guide Vane, e facilidade na automação das malhas de OD.”*

Glossário

- *Brainstorming* - Termo em inglês que significa tempestade cerebral, representa uma oportunidade para expor ideias livremente, sem censura, como ponto de partida para um projeto.
- CLP – Controlador Lógico Programável
- CV – Cavalo Vapor, unidade de medida de potência
- DQO – Demanda Química de Oxigênio
- ETE – Estação de tratamento de Esgotos
- GEDOC – Ferramenta de gestão de planos de ação
- GV – Guide Vane, controla a abertura do soprador Dresser



- IHM – Interface Homem Máquina
- *Ladder* – Linguagem muito utilizada na programação de CLP.
- MT – Unidade de Tratamento de Esgotos da Região Metropolitana de São Paulo – Sabesp
- OD – Oxigênio Dissolvido
- PCM – Planejamento e Controle de Manutenção
- PSI – Unidade de medida de pressão, forma abreviada do inglês pound force per square inch (libra-força por polegada quadrada)
- TA – Tanque de Aeração
- UN – Unidade de Negócio

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JORDÃO, E. P. Tratamento de Esgotos Domésticos. Rio de Janeiro. 7ª Edição. ABES, 2014.
2. VAN HAANDEL, A. O Comportamento do Sistema de Lodo Ativado. Campina Grande, Epgraf, 1999.
3. METCALF & EDDY. Wasterwater engineering: treatment and reuse. 4ª Edição. McGraw-Hill, 2003.
4. O Manual de operação e manutenção da ETE ABC – HIDROSERVICE ENGENHARIA LTDA (1997)
5. http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalicev2/intranet/BiblioVirtual/diversos/anuario_energetico_municipio.pdf. Acessado em 07/05/2018.
6. Gestão de Energia MT - Apresentação