



087 - IMPLEMENTAÇÃO DE SENSORES IOT PARA MONITORAMENTO DE MOTORES E BOMBAS EM UMA EMPRESA DE SANEAMENTO: UMA TRANSIÇÃO PARA MANUTENÇÃO PREDITIVA

Lucenir Piovesan ⁽¹⁾

Especialista em Engenharia e Gerenciamento de Manutenção pela Universidade Candido Mendes (UCAM). Bacharel em Administração pelo Instituto de Ensino Superior de Rondônia (IESUR), Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pelo Centro de Ensino Superior de Maringá (UNICESUMAR), Técnico em eletrotécnica pelo SENAI e proprietário do site 7LPV.com.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Madri, 525 - Despraiado – Cuiabá - MT - CEP: 78048-076 - Brasil - e-mail: Lucenir@7lpv.com

Rafael dos Anjos Bento da Costa ⁽²⁾

Bacharel em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Endereço ⁽²⁾: Avenida Edgar Vieira, 1851 – Boa Esperança – Cuiabá-MT – CEP: 78068-401 – Brasil – e-mail: rafaelbento008@gmail.com

RESUMO

O setor de saneamento no dia a dia enfrenta desafios diferentes em relação as indústrias para garantir a confiabilidade dos seus equipamentos e eficiência operacional, visto que são extensos equipamentos e que podem estar a quilômetros de distância, o que torna difícil o acompanhamento diário destes ativos e, para piorar, na maioria das vezes os sistemas trabalham sozinhos não havendo operadores no local. A imprevisibilidade de falhas em equipamentos críticos, muitas vezes entre as manutenções preventivas somados a ausência de pessoas nas diversas localidades, coloca em risco o bom funcionamento dos equipamentos prejudicando o fornecimento de água, aumentando custos e colocando em risco a confiabilidade dos ativos. Devido a situações como estas, a adoção de uma abordagem de metodologia de manutenção preditiva visando a antecipação de falhas nos ativos torna-se imperativa. Este artigo apresenta e explora a implementação bem-sucedida de sensores IoT para análise contínua de vibração e temperatura nos equipamentos de uma empresa de saneamento. Através da coleta de dados em tempo real e utilização de inteligência artificial, a iniciativa transformou a metodologia de manutenção da empresa, evoluindo de um modelo preventivo para um preditivo. Os resultados demonstram não apenas melhorias operacionais e financeiras, mas também é discutido o aprendizado do setor e o impacto dessa inovação em relação aos benefícios intangíveis que fortalecem a posição da empresa como líder em inovação no setor de saneamento.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento Preditivo, IoT, Manutenção Preditiva, Sensores Inteligentes, Manutenção de Equipamentos, Planejamento e Controle de Manutenção, Saneamento, Cuiabá

INTRODUÇÃO

A manutenção eficiente e a confiabilidade dos equipamentos do segmento de saneamento são desafios críticos no setor, pois os sistemas podem estar em grandes distâncias e algumas unidades (como reservatórios de água) operam de forma autônoma, mesmo em estações de tratamento de água, o número de pessoas são reduzidas e nem sempre alguém verifica fisicamente os equipamentos. Com isso a imprevisibilidade das falhas em equipamentos entre as manutenções preventivas e inspeções, aliada à ausência de operadores em diversos locais, compromete o bom funcionamento dos sistemas, prejudicando o fornecimento de água, aumentando os custos e diminuindo a confiabilidade dos ativos.

Com base nestes cenários a necessidade de antecipar falhas e conseguir monitorar os ativos torna-se imperativa. Para contornar estes problemas a implementação de tecnologias, como sensores IoT (Internet das Coisas,



traduzindo para a língua portuguesa) para monitoramento contínuo de vibração e temperatura, surge como uma solução eficaz para resolver os problemas descritos de forma a garantir que os defeitos possam ser identificados antes que aconteçam falhas e sem a necessidade do envolvimento de pessoas fisicamente no local. Este artigo descreve uma aplicação da metodologia de manutenção preditiva em uma empresa de saneamento o qual utiliza sensores IoT e uma plataforma com inteligência artificial para a coleta, análise de dados em tempo real e geração de “insights” de forma a identificar problemas antes que aconteçam ou para ter uma previsibilidade da condição do ativo ao longo do tempo.

A transformação de um modelo de manutenção preventivo para preditivo possibilitou a detecção antecipada de anomalias e defeitos no qual pode-se programar uma intervenção antes que se desencadeie em falhas críticas, tal abordagem resultou em melhorias operacionais e financeiras significativas. A análise contínua dos dados coletados permitiu não apenas a redução de paradas não programadas e custos de manutenção, mas também o aumento da confiabilidade dos equipamentos e a satisfação do cliente.

O projeto, começou com a instalação de aproximadamente 150 sensores em equipamentos críticos espalhados por diversas unidades operacionais. Os dados coletados foram processados por um sistema que gerou alertas e insights para a manutenção preventiva. A implementação desta tecnologia inovadora demonstrou ser uma estratégia eficaz para melhorar a eficiência operacional, reduzir custos e proporcionar benefícios intangíveis, posicionando a empresa como líder em inovação no setor de saneamento.

OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é apresentar a implementação de um sistema de monitoramento preditivo baseado em sensores IoT para equipamentos eletromecânicos para a monitoração preditiva contínua na gestão de ativos, em específico em motores elétricos e bombas de água. Foram Avaliados os impactos na eficiência operacional e na gestão da manutenção, demonstrando como a metodologia de manutenção preditiva aliada a IoT contribuiu para a previsibilidade de falhas e redução de custos, evitando grandes paradas e garantindo a satisfação do cliente além de proporcionar um desenvolvimento organizacional no setor de manutenção eletromecânica.

METODOLOGIA UTILIZADA

A implementação envolveu a instalação de aproximadamente 150 sensores em equipamentos considerado críticos para a operação e que estão espalhados a vários locais ao longo das unidades distribuídas pela cidade. Para coleta de dados seja ela quantitativos ou qualitativos, foi observado um período de aproximadamente quatorze meses, iniciando em março de 2023 até maio de 2024. Nesse intervalo de tempo os dados quantitativos em relação a custos eram armazenados na própria plataforma de IoT, enquanto os dados qualitativos foram levantados a partir da observação das mudanças na gestão do setor ao longo do tempo, como por exemplo mudanças culturais, utilização de novas ferramentas de gestão etc.

Quanto aos dados coletados, em relação ao monitoramento do equipamento, estes são armazenados em um banco de dados e visualizados de forma gráfica em um sistema de gerenciamento o qual são processados por um sistema de inteligência artificial que busca entender o funcionamento dos ativos e com base em padrões e tendências gera alertas e insights para manutenção preventiva. A partir disso é realizado o acompanhamento dos ativos e monitorado suas condições operacionais a qual ao identificar uma não conformidade nos padrões de vibração e temperatura é realizado uma verificação, se for o caso, a equipe gera um plano modelo 5W2H para programação e tratativa das atividades, que após serem executadas, são inseridos os dados de tempos de parada, problemas e os custos evitados ao identificar a anormalidade antecipadamente e corrigir a falha. Todos esses dados são inseridos na própria plataforma dos sensores inteligentes, que por sua vez são utilizados para acompanhamento da gestão dos ativos, geração de relatórios, dentre outras necessidades. Para ser mais específico nos dados de custos, são comparados prejuízos financeiros que ocorreram antes da implantação da tecnologia devido a problemas similares que não foram identificados antecipadamente e resultaram em uma manutenção corretiva não planejada, em alguns casos quando não havia um histórico similar, foi estimado os valores partindo da premissa “quanto iria gastar em pessoas, peças e equipamentos para repor a condição original

do ativo se o problema não fosse detectado antecipadamente e desencadeasse uma falha?”, desta forma foi possível levantar os custos. Por outro lado, foi observado ao longo do tempo alguns resultados intangíveis que foram percebidos e sentidos ao longo do tempo.

RESULTADOS OBTIDOS

A implementação do sistema de monitoramento preditivo utilizando sensores IoT trouxe diversos benefícios mensuráveis e intangíveis para a empresa. Embora os aspectos financeiros sejam prioritários, uma vez que garantem o retorno do investimento na tecnologia, não foram apenas esses resultados que se destacaram. Observou-se outras melhorias resultantes da aplicação que merece ser destacado. A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos ao longo do período de quatorze meses da implantação do sistema de monitoramento contínuo.

REDUÇÃO DE PARADAS NÃO PROGRAMADAS

A tabela 1 apresenta uma estimativa das horas de paradas evitadas em diferentes equipamentos da empresa, demonstrando o impacto positivo da adoção dessa tecnologia. Para melhor realidade dos números, as horas de paradas evitadas foram estimadas considerando que se os defeitos identificados não fossem tratados iriam desencadear uma falha e conseqüentemente a parada do equipamento. Também foi considerado que por mais que fosse uma manutenção preventiva baseada na condição, é necessário intervenção nos equipamentos para as atividades e isso gera algumas horas de paradas, mesmo que mínimas, foi levado em conta essa condição para estimar as horas evitadas.

Um dos exemplos mais significativos de horas evitadas de paradas não programadas foi a do item 1 conforme a tabela 1 abaixo, em que um simples problema de lubrificação poderia ter gerado uma parada de até 48 horas para resolução do problema. Quando os níveis de vibração subiram, foi gerado um alerta e a equipe em campo foi até o local para inspecionar e identificou o defeito que poderia ter desencadeado aquecimento e empenamento do eixo do bombeador vertical, neste caso demandaria várias horas para resolução da falha já que seria necessário a desmontagem e fabricação do eixo no torno.

Tabela 1: Estimativa de horas de paradas evitadas

| Item | Local - Equipamento | Defeitos identificados | Ação | Estimativa de horas de paradas evitadas |
|------|--|--|---|---|
| 1 | Captação Central - Bombeador 05 | A tubulação de lubrificação quebrou, com isso a lubrificação não era distribuída adequadamente, podendo vir a danificar o eixo, ocorrer empenamento e a parada total do bombeador. | Realizado a substituição do sistema de lubrificação. | Até 48 horas |
| 2 | Booster Shangrilá - Bombeador - Tag: 00541 | Excesso de vibração, desalinhamento, acoplamento danificado. | Substituição do conjunto moto bomba. | 3 horas |
| 3 | ETA LIPA - Bombeador 02 - TAG: 09326 | Desalinhamento do conjunto, ocasionando alta vibração. | Realizado realinhamento a laser entre o eixo do motor e do bombeador. | 6 horas |
| 4 | Bombeador Osmar Cabral Tag: 00543 - | Problema no acoplamento e na base de fixação. | Substituição do motor, acoplamento e melhoria na base. | 2 horas |



| | | | | |
|----|--|--|---|--------------|
| 5 | Booster Itália - Bombeador booster Itália tag.01608 | Ocorreu um vazamento de água o qual ocasionou um alagamento do local onde a bomba estava instalada e refletiu na vibração. | Retirado vazamento de água do bombeador e do local, pois se continuasse poderia entrar na caixa de ligação do motor e provocar a queima. | 4 horas |
| 6 | Cap. Central - Conjunto 01 | Desgaste dos rolamentos. | Substituição pelo motor reserva. | 8 horas |
| 7 | Captação Central - Bombeador 04 | A análise espectral identificou desgaste nos rolamentos. | Substituição pelo motor reserva. | 8 horas |
| 8 | RAP Novo Mato Grosso - Bombeador principal | Problema na base e na fixação | Realizado nova base e infraestrutura para a instalação de um novo bombeador, para assim conseguir desativar o bombeador com problema e realizar todos os reparos necessários. | Até 48 horas |
| 9 | ETA Tijucal - Conjunto moto bomba ERAT Santa Terezinha | Desalinhamento do conjunto, ocasionando alta vibração. | Realização de alinhamento no conjunto e melhor fixação. | 3 horas |
| 10 | Captação Central - Bombeador 01 | Alta vibração no conjunto | Foi realizado a substituição do motor elétrico | 6 horas |

Na imagem abaixo é possível observar o momento em que os níveis de vibração do bombeador 5, o qual conforme mencionado anteriormente apresentou um problema de lubrificação e os níveis aumentaram. Em seguida na faixa em amarelo demonstra o tempo para reparo do equipamento e em seguida, após o conserto, o bombeador é religado e a vibração retorna a níveis normais.

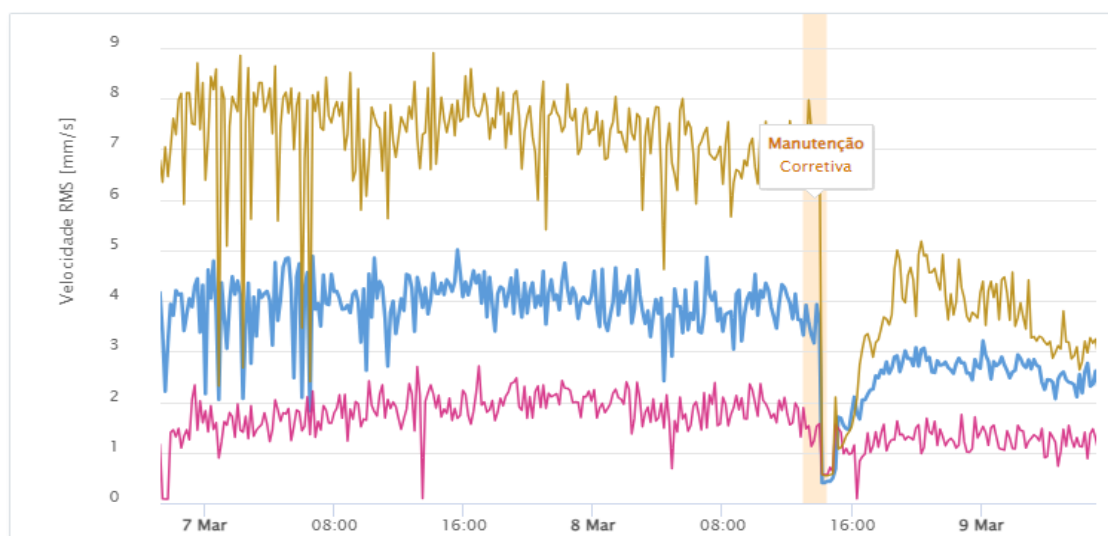


Figura 1: Histórico de vibração, demonstrando antes e depois de uma intervenção para manutenção.

Esses exemplos ilustram como a detecção precoce de problemas, resulta em significativa redução de horas de paradas não planejadas, possibilitada pelos sensores IoT, contribuindo para melhorias operacionais.

Em resumo, a implementação de sensores IoT para análise de vibração e temperatura é uma tecnologia importante para o setor de saneamento, possibilitando uma mudança fundamental na abordagem de manutenção, possibilita identificação precoce de possíveis falhas e contribui na redução de paradas não programadas.

CUSTOS EVITADOS

A adoção da manutenção preditiva e a implementação de sensores IoT trouxeram benefícios tangíveis em termos de economia. Ao longo de um período de aproximadamente quatorze meses, foram evitados custos associados a paradas não programadas e danos aos equipamentos. Estimou-se uma economia de R\$ 393.752,00, refletindo tanto os custos diretos evitados, como peças de reposição e horas de mão-de-obra, quanto os custos indiretos, incluindo interrupções no abastecimento de água e danos adicionais aos equipamentos.

Esses custos evitados foram evidenciados em casos específicos, como a detecção precoce de problemas de lubrificação e desalinhamento em equipamentos críticos, que poderiam ter gerado paradas de até 48 horas e custos de reparo consideráveis.

Em alguns casos, para levantamento dos custos evitados, foram levados em consideração problemas anteriores que desencadearam prejuízos financeiros por não poder antecipar as falhas, como por exemplo abaixo na tabela 2 os itens 1, 6 e 10 no qual com a utilização da tecnologia foram evitados problemas similares que ocorreram no passado e geraram custos consideráveis para a resolução.

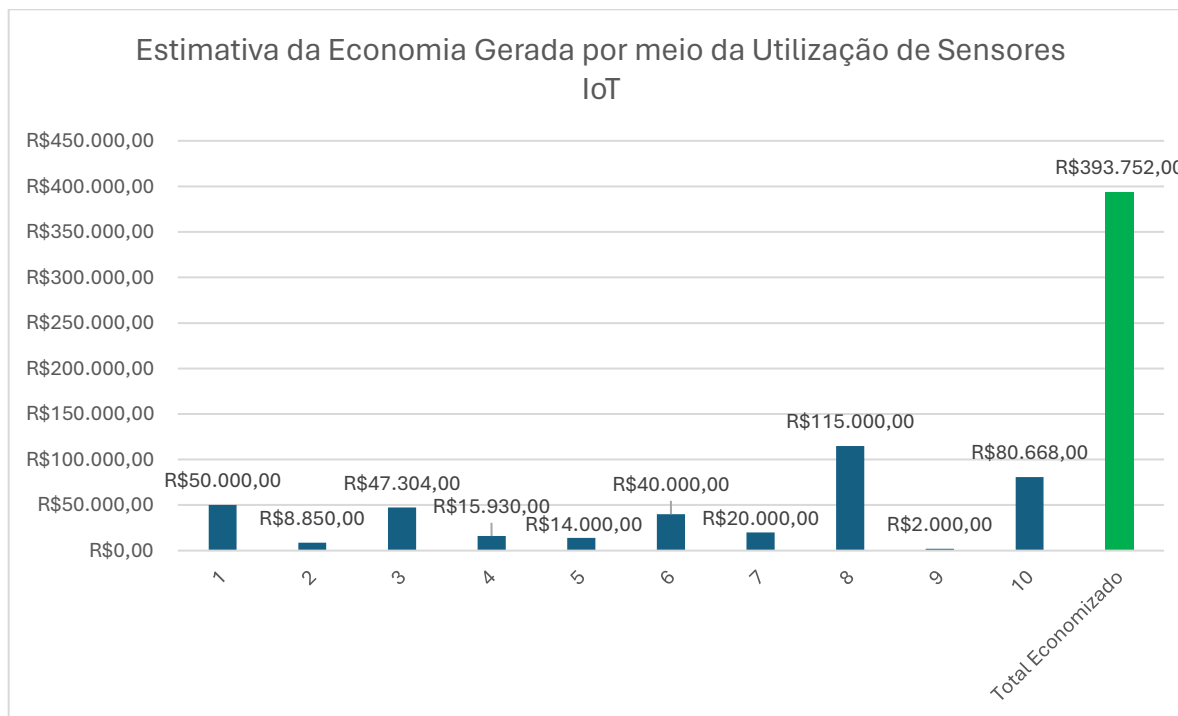


Figura 2: Ilustração da Estimativa da Economia Gerada por meio da Utilização de Sensores IoT

**Tabela 2: Resumo dos custos evitados ao longo de 14 meses**

| Item | Local - Equipamento | Valor Economizado | Detalhes do Cálculo | Mês/ano |
|------|---|-------------------|--|---------|
| 1 | Captação Central - Bombeador 05 | R\$ 50.000,00 | Foi considerado para o cálculo somente o custo de peças e reparo com base em uma falha similar que aconteceu no passado. | mar/23 |
| 2 | Booster Shangrilá - Bombeador - Tag: 00541 | R\$ 8.850,00 | Do booster Shangrilá, por exemplo seria em média 10 horas parado se fosse realizar o serviço em uma emergência, começando do zero, furar acoplamento, achar motor, substituir etc. A vazão é 100m ³ cúbicos horas, o valor dos metros cúbico em média da água é R\$ 4,5. Então é só multiplicar: 10h x 100m ³ x R\$ 8,85 = 8.850 reais | mai/23 |
| 3 | ETA LIPA - Bombeador 02 - TAG: 09326 | R\$ 47.304,00 | Se precisasse intervir durante a operação e desconsiderando que a bomba 01 estivesse funcionando: Vazão em metros cúbicos por hora: 1314 Valor do metro cubico da água: R\$ 4,50 Supondo que demoraria 8 horas para realização da atividade: 8 horas X 1314 m ³ X R\$ 4,50 = R\$ 47.304,00 Causa da Falha Desalinhamento do motor e bomba Componente Rotor ou Eixo Previsão de Economia: R\$ 47.304,00 | mai/23 |
| 4 | Bombeador Osmar Cabral Tag: 00543 - | R\$ 15.930,00 | Conseguiu antecipar o problema do equipamento e programar a manutenção em uma data que o bombeador estaria desligado e não comprometeria o sistema. No cálculo de economia foi considerado que se não acompanhado o equipamento poderia ter danificado durante a operação logo: 4 horas de serviço; Vazão 450m ³ /h; Valor médio no metro cubico R\$ 8,85 Valor economizado: 4h x 450m ³ /h x R\$8,85 = R\$ 997,00 | jun/23 |
| 5 | Booster Itália - Bombeador booster Itália tag.01608 | R\$ 14.000,00 | Valor foi estimado levando em consideração as peças e o motor que necessitariam ser substituídos caso não fosse detectado alteração na vibração e não fosse verificado em campo que o equipamento estava trabalhando dentro da água e este tivesse entrado na caixa de ligação do motor. Mais a vazão 3H X 120M ³ /h X 8,85 = 4248 | out/23 |

| | | | | |
|----|--|-----------------------|--|--------|
| 6 | Cap. Central - Conjunto 01 | R\$ 40.000,00 | Foi realizado a troca do motor do bombeador. Valor economizado é uma estimativa de custos se o problema não fosse resolvido e se agravasse podendo ser parado de forma emergencial e danificado outros componentes. | out/23 |
| 7 | Captação Central - Bombeador 04 | R\$ 20.000,00 | Estimados 20 mil considerando que o bombeador poderia parar em uma data não planejada e que teria custos de deslocamento de pessoal, equipamentos e geração de Horas Homem. | nov/23 |
| 8 | RAP Novo Mato Grosso - Bombeador principal | R\$ 115.000,00 | Estimados custos de desabastecimento no bairro e danos no equipamento caso não fosse identificado antecipadamente e gerasse uma manutenção corretiva emergencial. Como foi observado antecipadamente o problema, foi realizado a instalação de um novo conjunto. | fev/24 |
| 9 | ETA Tijucal - Conjunto moto bomba ERAT Santa Terezinha | R\$ 2.000,00 | Valor foi estimado com base na aquisição de um acoplamento novo caso não fosse resolvido o problema e este viesse a danificar o equipamento conforme históricos passados | mar/24 |
| 10 | Captação Central - Bombeador 01 | R\$ 80.668,00 | Valor economizado é uma estimativa de custos se o problema não fosse resolvido e se agravasse podendo ocorrer uma falha emergencial e danificado outros componentes como o rotor e estator. | abr/24 |
| | TOTAL ECONOMIZADO | R\$ 393.752,00 | | |

Quando se trata de avaliar os valores líquidos, levando em conta o custo mensal de operação de todos os sensores e da tecnologia associada, chegamos a um impasse complexo para analisar o antes e depois. O investimento mensal para manter os 150 sensores em funcionamento é de aproximadamente R\$ 22.000, totalizando R\$ 308.000 ao longo do período de avaliação. No entanto, é importante ressaltar que esses sensores operam ininterruptamente, 24 horas por dia, 7 dias por semana, o que torna difícil uma comparação direta com métodos de monitoramento tradicionais, que são pontuais e geralmente envolvem custos adicionais, como o emprego de pessoal especializado

A fim de comparação, o custo de um monitoramento preditivo conduzido por meio de instrumentos e equipes contratadas pode variar de R\$ 10.000 a R\$ 15.000 mensais. No entanto, esses métodos convencionais geralmente fornecem medições pontuais, realizadas uma vez por mês, e não oferecem as funcionalidades proporcionadas pelo sistema IoT, como alertas em tempo real, histórico, insight, plataforma para geração de relatórios e uso de inteligência artificial. Além disso, por trás desses componentes tecnológicos, há uma equipe de especialistas disponíveis para fornecer suporte e orientação.

Para uma simples análise comparativa do valor líquido economizado, considerando o custo de locação dos sensores e desprezando outros fatores que por sua vez são melhores que os métodos tradicionais, como mencionado anteriormente, podemos calcular uma economia líquida de aproximadamente R\$ 225.752,00, em relação ao custo mensal de R\$ 12.000,00 antes da implantação do sistema, quando um especialista de uma empresa terceirizada realizava a monitoração.

Portanto, conclui-se que mesmo considerando os custos de locação dos sensores e de toda tecnologia, os resultados financeiros são satisfatórios ao longo do tempo, mesmo desprezando os ganhos intangíveis com a adoção da tecnologia em relação a métodos tradicionais.

SATISFAÇÃO DO CLIENTE

A capacidade de prever falhas e programar manutenções resultou em menores interrupções para os clientes já que boa parte das atividades são planejadas para serem realizadas em datas e horários que afetem minimamente o abastecimento de água da cidade o qual contribuiu para redução dos custos associados a interrupções no abastecimento.

Por mais que seja necessário intervir em um equipamento e paralisar o abastecimento de água, o sistema de manutenção preditiva, na maioria das vezes, possibilita a antecipação de possíveis falhas (semanas ou até meses antes) que se desencadeie paradas não planejadas, desta forma é possível tomar medidas antes que prejudique os clientes em maior escala. Exemplo disso foi em um sistema de bombeamento no qual identificou desgaste em um dos rolamentos em maio de 2023, foi acompanhado evolução do problema ao longo do tempo e programado a manutenção a qual foi realizada em outubro de 2023 em um momento que não impactaria o fornecimento de água para a população. Ou seja, possibilitou uma janela de cinco meses para a programação desde que foram identificados possíveis problemas. Em outro caso, no item 8 da tabela 2, a identificação de elevados níveis de vibração no bombeador, serviu de alerta para avaliar o local e identificar vários outros problemas no local, que por sua vez possibilitou um acompanhamento mais de perto e realizar pequenas intervenções para manter o sistema funcionando até a instalação de um conjunto reserva e assim realizar a intervenção comprometendo minimamente o abastecimento.

Por fim, outro fato interessante foi em relação ao item 5 da tabela 2, o qual foi evitado um desabastecimento em um bairro inteiro. No caso em questão o sistema enviou um alerta de altos níveis de vibração em um pequeno motor de um booster, ao enviar uma equipe ao local, foi constatado que um dreno de água entupiu e causou alagamento do local, a situação poderia comprometer o abastecimento da população já que se não fosse identificado a água iria atingir a caixa de ligação do motor elétrico, infiltrar em seu interior e provocar uma queima. Como foi identificado antecipadamente, em poucos minutos a equipe resolveu o problema, mesmo precisando realizar a troca dos rolamentos do motor, foi possível programar em uma data conveniente.

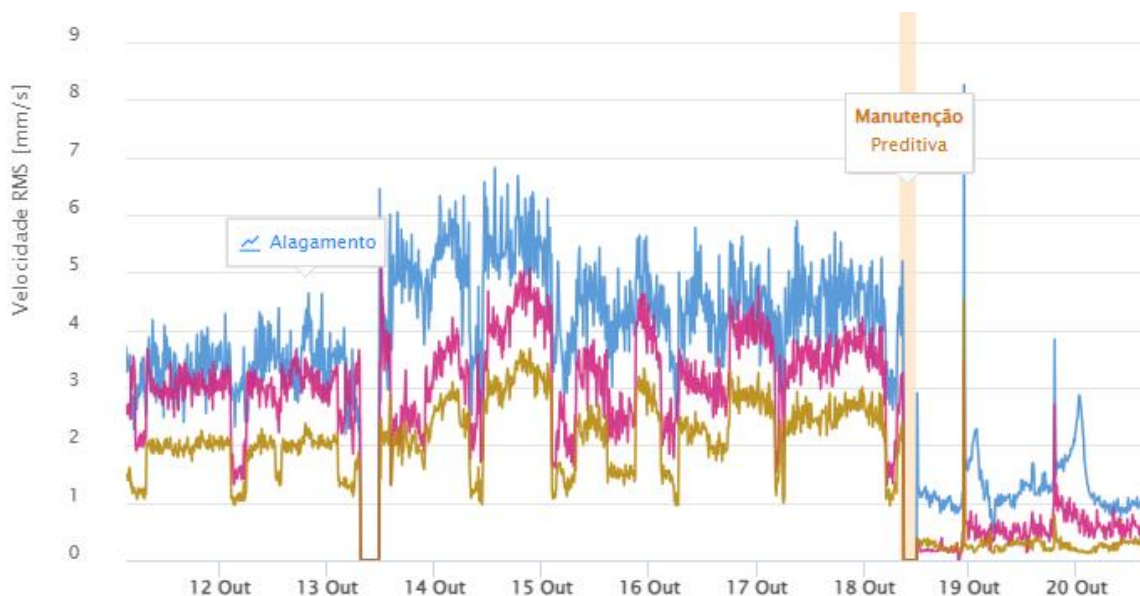


Figura 3: Histórico de vibração do motor do booster que sofreu alagamento, após a intervenção na faixa destacado em amarelo as condições voltaram ao normal.



Figura 4: Imagem do alagamento no booster.

DESENVOLVIMENTO ORGANIZACIONAL

A implementação da tecnologia IoT proporcionou um ambiente para o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos das equipes envolvidas. Possibilitou a melhoria contínua e o monitoramento de equipamentos críticos do sistema enfatizando os itens 10.3 e 8.5.1 da ISO 9001, contribuindo para a organização já que esta estava implementando a ISO 9001.

No decorrer do tempo, durante o amadurecimento do uso da nova tecnologia, possibilitou um conhecimento mais aprofundado das características e operações dos sistemas, de forma que se passou a entender, como por exemplo a mudança de rotação de um motor, partidas e paradas dos equipamentos interferem nos níveis de vibração, como abaixo na figura 4 em que o sistema gerou um alarme, ao analisar verificou-se que se tratava de intervalos entre funcionamento e paradas dos motores. Desta forma gerou um aprendizado e entendimento para a equipe de como os seus sistemas funcionam. Cruzando dados do sistema supervisorio da unidade como o de intervalos de funcionamento, alterações de vazões e mudança de rotação juntamente com dados de vibração e temperatura dos equipamentos foi possível analisar de melhor maneira as características do funcionamento e como alterações de rotação e paradas interferem no conjunto.

Abaixo na figura 4 temos um exemplo do que foi mencionado acima, o primeiro gráfico temos dois picos em azul, gerando um aviso de alta vibração já em um nível grave. Quando é analisado o gráfico de frequência de funcionamento do equipamento, vemos dois vales conforme os retângulos em cinza abaixo na figura 4 em que a linha preta permanece constante em 60Hz e em determinado momento cai para níveis próximos de zero e logo voltam em níveis normais. Ao cruzar informações tanto os picos no gráfico azul quando os vales dos gráficos em cinza acontecem no mesmo intervalo de tempo, desta forma, podemos observar que o desligamento e desaceleração do bombeador influencia diretamente nos níveis de vibração.

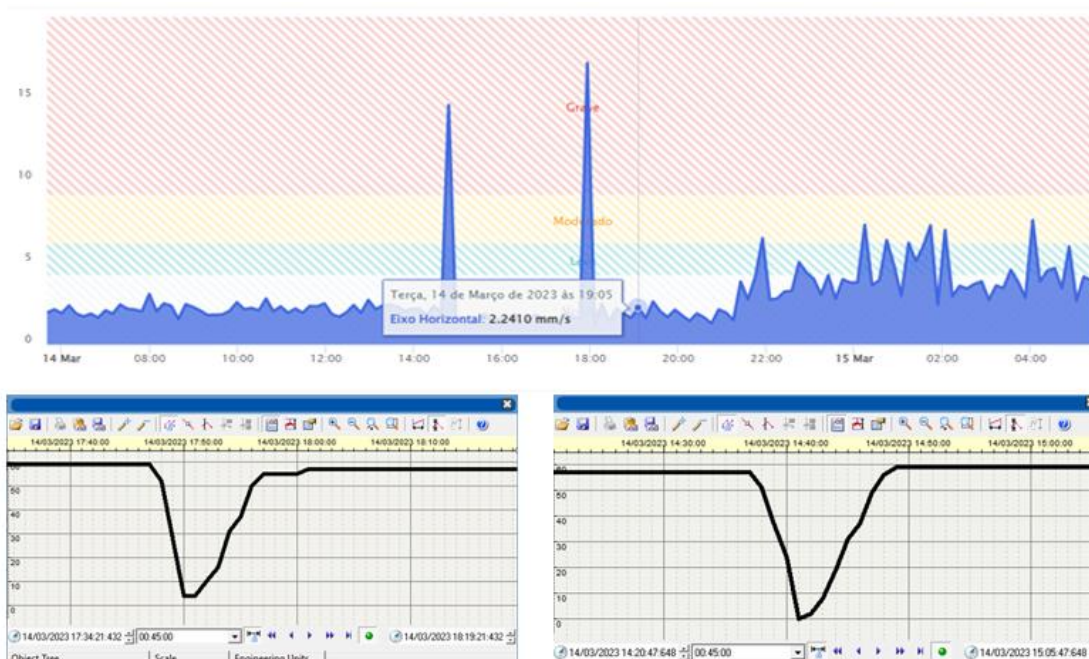


Figura 5: Exemplo de insight gerado no qual após análise identificou que era resultado de partidas e paradas do equipamento.

Outro ponto observado no desenvolvimento do setor, foi o amadurecimento quanto a utilização de ferramentas de gestão, como por exemplo o 5W2H e o cronograma de sequência para elaboração das tratativas e atividades resultantes dos problemas identificados na tecnologia utilizada para manutenção preditiva. No início, não foi dada a devida atenção para este ponto, mas com o amadurecimento observou-se que seria necessário o amadurecimento da gestão, por isso foi criado um modelo de plano de ação para acompanhamento das atividades pendentes, bem como para fornecer o mínimo de informações para as equipes e pessoas envolvidas, em relação ao que está acontecendo e o que precisa ser realizado com base no que foi identificado no sistema de preditiva. Tais ferramentas não eram utilizadas no setor, foi adotado e possibilitou o desenvolvimento na gestão.

| Plano de ação para anomalias detectadas na preditiva | | | | | | | | |
|--|---|--|----------------------|---------------------|--|------------------|------------|-----------|
| O que? | Por que? | Onde? | Quando? | Por quem? | Como? | Data de Abertura | Prioridade | Status |
| What? | Why? | Where? | When? | Who? | How? | | | |
| Substituir rolamento | A análise espectral identificou desgaste nos rolamentos. | Motor 04 cap. Central Tag: 00904 | até 20/11/2023 | Mecânica e elétrica | Instalar motor reserva que se encontra na eletromecânica e retirar motor com rolamento danificado | 20/08/2023 | Baixa | Concluído |
| Substituir rolamento | A análise espectral identificou desgaste nos rolamentos. | Bombeador 02 Rap porto tag: 05010 sensor TWR4321 | 01/03/2024 | Mecânica | Programar parada com o CCO; Substituir rolamentos Modelo: Realizar alinhamento; Recolocar em operação; | 30/10/2023 | Baixa | Concluído |
| Realizar a troca dos rolamentos | Vibração esta em tendencia de alta bem como a aceleração já esta chegando a 6 g e com frequencias de 2500 indicando necessidade de troca de | Motor elétrico Santa motor 02, terezinha Tag. 08133 sensor JCY2549 - ETA SUL | Até 30/01/2024 | Mecânica | Verificar rolamentos 6319 C3; Verificar com CCO melhor momento para realização da parada; Programar atividade; Realizar a manutenção. | 05/12/2023 | Baixa | Concluído |
| Verificar acoplamento e rolamentos do motor | Picos de vibração de 18 mm/s e aceleração de 5 g | Motor elétrico Rap Bom clima Bombeador 02 INPE Tag 1127 sensor XZV4131 | (Aguardar avaliação) | Mecânica | Verificar rolamentos 6319 C3 e 6316 C3 (SKF) Verificar com CCO melhor momento para realização da parada; Programar atividade; Realizar a manutenção. | 28/12/2023 | Baixa | Pendente |
| Realizar a troca dos rolamentos | Vibração esta em tendencia de alta bem como a aceleração já esta chegando a 6 g e com frequencias de 2500 indicando necessidade de troca de | Motor elétrico 01 - RAP Dr. Fabio, sensor CHL4377 | (Aguardar avaliação) | Mecânica | Verificar rolamentos Modelo: 6312 C3 (SKF) Verificar com CCO melhor momento para realização da parada; Programar atividade; Realizar a manutenção. | 11/03/2024 | Baixa | Pendente |

Figura 6: Exemplo de plano de ação criado pelo setor de PCM para tratar e acompanhar resoluções de problemas identificados na preditiva.

Dentre os desenvolvimentos que a tecnologia proporcionou foi a habilidade de análise e planejamento da equipe de PCM, pois não seria de nenhuma utilidade e benefício a ferramenta se os envolvidos não analisassem os dados e recomendação da plataforma feita pela inteligência artificial, foi preciso criar a cultura de realizar análises dos insights gerados, entendê-los para posteriormente, planejar as ações necessárias utilizando por exemplo a metodologia 5W2H.

O processo começa com a identificação de um ativo crítico, seguido pela coleta de dados através do sensor inteligente e o monitoramento on-line. Esses dados são então analisados pela Inteligência Artificial (IA) para fornecer informações precisas e acionáveis. Após a coleta e análise dos dados, a gestão entra em ação. É nesta etapa que a tomada de decisão se torna essencial. A partir dos dados fornecidos, a equipe de PCM pode determinar as ações preventivas baseadas em condição, garantindo que intervenções sejam feitas antes que ocorram falhas significativas. O planejamento dessas ações é estruturado através do plano de ação 5W2H, que detalha o que será feito, por que, onde, quando, por quem, como e quanto custará. Este método sistemático garante que todas as ações sejam bem planejadas e executadas de forma eficiente, melhorando a manutenção e a gestão dos ativos da empresa.



Figura 7: Esquema representando o que depende da tecnologia e o que depende da gestão do PCM.

CONCLUSÕES

A transição para um sistema de monitoramento preditivo baseado em IoT demonstrou ser uma estratégia eficaz para melhorar a eficiência operacional e reduzir os custos associados a falhas de equipamentos. Além dos benefícios financeiros tangíveis, possibilitou benefícios intangíveis como melhorar a manutenção dos equipamentos críticos, saindo uma manutenção preventiva baseada no tempo para a manutenção preventiva baseada na condição com base em técnicas preditivas e o desenvolvimento organizacional o qual reforça a importância da utilização de tecnologias inovadoras. Recomenda-se que outras organizações considerem a adoção de tecnologias similares para garantir a eficiência de suas operações, em especial as empresas de saneamento o que precisam garantir a operação contínua para atender a população e precisam de uma boa gestão juntamente com previsibilidade de falhas a fim de evitar paradas não programadas, que por sua vez podem gerar desabastecimento da população, riscos de multas ou outros problemas com órgãos controladores e fiscalizadores.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRANCO FILHO, GIL. Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção. 1. Ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 9001:2015 - Sistema de gestão da qualidade - Requisitos. 3. ed. Rio de Janeiro, 2015.
3. TELES, JHONATA. Bíblia do RCM: O guia completo e definitivo da manutenção centrada na confiabilidade na indústria 4.0. Brasília: ENGETELES Editora, 2019.
4. PIOVESAN, Pedro. Desmistificando análise de vibração em máquinas. Tractian, 2024. Disponível em: <https://tractian.com/blog/desmistificando-analise-de-vibracao-em-maquinas>. Acesso em: 05 jun. 2024.
5. VEDAN, Alex. Manutenção Assistida por Inteligência Artificial, a evolução da Manutenção Prescritiva. Tractian, 2024. Disponível em: <https://tractian.com/blog/manutencao-assistida-por-inteligencia-artificial>. Acesso em: 04 jun. 2024.