



ANÁLISE CRÍTICA DE MANUTENÇÃO DE ETE'S BASEADA EM ANÁLISE RAM.

Bruno Fernandes de Holanda⁽¹⁾

Técnico em Sistemas de Saneamento – Planejamento e Controle de Manutenção (Sabesp), graduado em Engenharia Mecânica (USJT), pós-graduando em Gestão de Manutenção na Indústria 4.0 (SENAI), CAMA-Certified Asset Management Assessor.

Leandro Cardoso da Silva⁽²⁾

Instrutor de Pós-Graduação (Faculdade SENAI “Roberto Simonsen”), graduado em Engenharia de Produção Mecânica, especialista em Engenharia de Saúde e Segurança do Trabalho, MEstre em Engenharia de Materiais, doutorando em Engenharia Mecânica.

Endereço⁽¹⁾: Rua Dorval José Svizzero, 20 – Jd. Lapena / São Miguel Pta. – São Paulo - SP - CEP: 08071-163 - Brasil - Tel: +55 (11) 98332-3804 - e-mail: bholanda@sabesp.com.br.

RESUMO

De forma geral, o que se espera a respeito de qualquer produto ou serviço que adquirimos é que estes sejam confiáveis, já que é com base nisso que as empresas mantem ou ampliam seus clientes. Por isso, instalações destinadas à indústria ou prestação de serviços devem funcionar conforme necessário, e sempre que necessário, com a aplicação do que é denominada Engenharia de Confiabilidade.

Pelo fato de a Sabesp ser responsável por mais de 30% de todo o investimento realizado em saneamento no Brasil, que por sua vez é o país com a maior reserva de água doce do mundo, seus clientes confiam que todos os dias terão água em suas torneiras. No entanto, se a coleta e o tratamento realizado nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's) não funcionar adequadamente, todo esse abundante recurso pode ser comprometido.

O foco deste trabalho é demonstrar a aplicação de uma das principais ferramentas matemáticas utilizadas em estudos de confiabilidade, conhecida como Análise RAM (Reliability, Availability, Maintainability) nas avaliações periódicas de análise crítica de manutenção das ETE's da região metropolitana de São Paulo operadas pela Sabesp. Anteriormente, eram discutidos apenas dados de disponibilidade, sem que houvesse correlação com nenhum outro parâmetro, mas com a implementação da Análise RAM como plano de fundo, foi possível se obter um panorama detalhado dos sistemas de tratamento de esgoto.

Como resultado, este trabalho possibilitou identificar equipamentos que tenham grande incidência de falhas, baixa confiabilidade ou que apresentem dificuldades de reestabelecimento quando acometidos por interrupções. Isso elevou a qualidade das análises críticas de modo a ser usado como base de informações para gestão de ativos e amparo técnico para tomadas de decisão estratégicas.

PALAVRAS-CHAVE: Confiabilidade; Análise RAM; Estação de Tratamento de Esgoto.

1-INTRODUÇÃO

Otimizar índices de disponibilidade e confiabilidade de equipamentos de uma empresa exige do setor de manutenção não só conhecimento, mas também muita criatividade e abstração na aplicação de soluções que se adequem à rotina de suas instalações. O uso de ferramentas da Engenharia de Confiabilidade pode, além de contribuir diretamente no atingimento dessas metas, levar a gestão de ativos da companhia a níveis que sejam considerados de excelência em sua área de atuação.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp, fundada em 1973, é uma das maiores empresas de saneamento do mundo em população atendida (28,5 milhões de pessoas abastecidas com água e 24,3 milhões de pessoas com coleta de esgoto), em 375 municípios paulistas, e responde sozinha por cerca de 30% do total de investimentos em saneamento básico feito no Brasil [7]. Dada essa proporção, a companhia tem o papel de protagonismo no mercado de saneamento e deve constantemente se reinventar, buscando através de seus colaboradores a aplicação de novas metodologias de trabalho que sejam orientadas a resultados.

Baseando-se nesses conceitos, a Divisão de Manutenção dos Sistemas de Tratamento de Esgotos Leste – MTL, durante suas avaliações periódicas, denominadas Análises Críticas, viu a necessidade de atualizar os conceitos discutidos para uma visão mais ampla. Anteriormente, o desempenho da manutenção era medido apenas através do indicador de disponibilidade e eram dadas justificativas para paradas de longa duração. Tal abordagem não levava em conta problemas como interrupções curtas e recorrentes, proporção de quebras ou uma previsão precisa para atendimento das demandas, e por isso, foi proposta aplicação de análise RAM.

2-OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é demonstrar a aplicação de Análise RAM nos ativos das ETE's (Estações de Tratamento de Esgoto) da região metropolitana de São Paulo operadas pela Sabesp, como base das Análises Críticas realizadas pelo setor de manutenção responsável, possibilitando diagnósticos efetivos da real situação do ativos operados pela companhia, diferente do modelo que era antes empregado, baseado apenas em Disponibilidade.

2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1-Processo de Tratamento de Esgotos

As ETE's reproduzem, através de processos físicos, químicos e/ou biológicos, em curto período, condições necessárias e suficientes, normalmente encontradas na natureza (em corpos hídricos receptores tais como rios, lagos e banhados), para promover a decomposição da matéria orgânica presente nos esgotos. Ao final do processo, tanto a fase líquida quanto a sólida devem estar aptas, segundo legislação ambiental impostos pelo padrão de saúde da Resolução CONAMA nº 357/2005.

A Sabesp adota diferentes processos para tratamento dos esgotos, variando em função do tipo e situação do efluente. Assim, o esgoto bruto pode ser submetido a diferentes níveis de tratamento: preliminar, primário, secundário e terciário. No Brasil, a maioria das ETE's realiza o tratamento até o nível secundário, sendo raros os casos onde é adotado o terciário. (ReCESA, 2013).

Predominantemente, as ETE's operadas pela Sabesp utilizam o processo de lodo ativado:

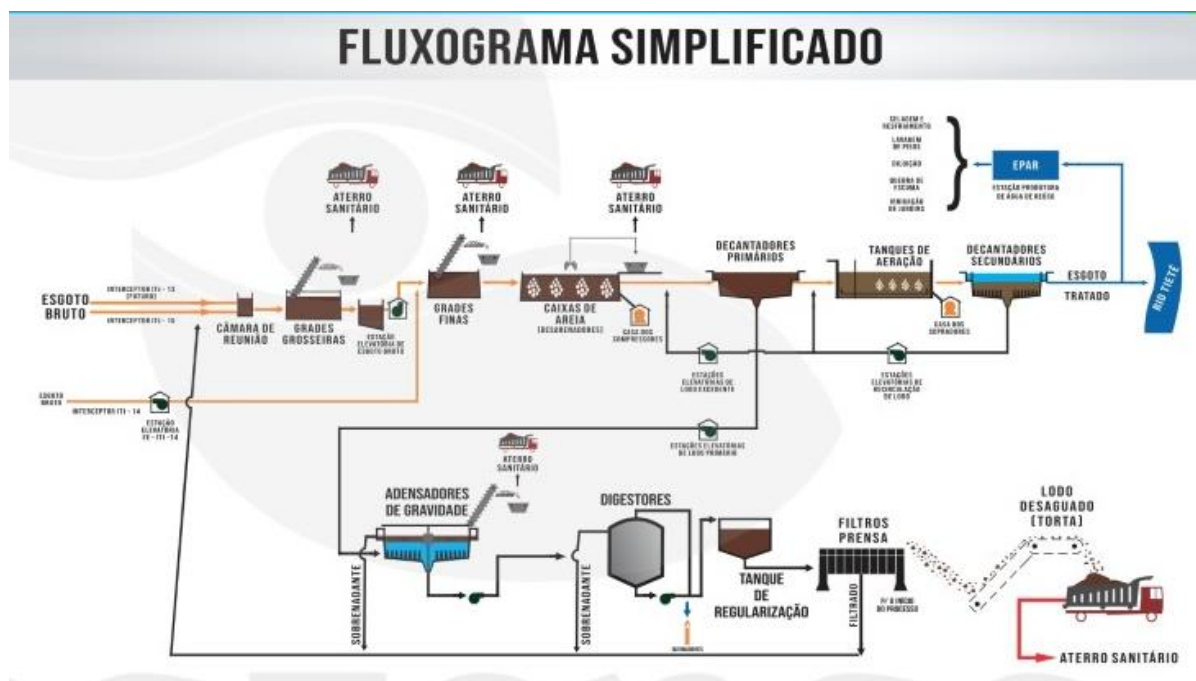


Figura 1: Fluxograma do sistema de lodos ativados convencional.

Fonte: Sabesp (2021)

A seguir, são sintetizados os processos de tratamento:

➤ Tratamento Preliminar (Grades, Caixa de Areia, Elevação, Medição de Vazão)

Os sólidos grosseiros são removidos do fluxo líquido através de sistemas de gradeamento. Partículas abrasivas, predominantemente inorgânicas, como areia e terra, são removidas em unidades denominadas desarenadores. Pelo fato de fluir por gravidade entre os processos, nesta etapa o esgoto é bombeado à cota mais alta da ETE.

➤ Tratamento Primário (Decantador Primário)

Sedimentação dos sólidos em suspensão de maior densidade. Simultaneamente, as partículas de menor densidade, como graxas e óleos, flutuam para a superfície. Estas parcelas constituem o lodo primário, que é removido para o adensamento.

➤ Tratamento Secundário (Tanque de Aeração e Decantador Secundário)

O tanque de aeração fornece oxigênio necessário para reações biológicas que consomem a matéria orgânica do esgoto, enquanto o Decantador secundário sedimenta o lodo formado nestas reações.

➤ Adensamento

Ocorre a sedimentação do lodo proveniente dos tratamentos primário e secundário, reduzindo assim, o volume e umidade do lodo que seguirá ao processo de digestão.

➤ Digestão

Trata-se de um processo de fermentação anaeróbia do lodo, desenvolvido por uma sequência de ações realizadas por vários tipos de bactérias responsáveis pela remoção de matéria orgânica.

➤ Desidratação

Operação destinada a reduzir o volume do lodo através da retirada do excesso de umidade. Usualmente, consiste de regularização química do lodo seguida desidratação mecânica em Filtros Prensa.

2.2-Análise RAM

Confiabilidade (Reliability), Disponibilidade (Availability) e Manutenibilidade (Maintainability) são os três tópicos da Engenharia de Confiabilidade que mensurados em conjunto, formam o que é definido como Análise RAM. Tais resultados auxiliam na caracterização da situação dos ativos de uma instalação.

Através desse tipo de análise, é possível extrair dos equipamentos sua utilização mais eficiente, viabilizando sua operação com o menores custos, controle de riscos e otimização de desempenho.

➤ Disponibilidade

A Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, através da NBR 5462, define Disponibilidade como “medida do grau que um item estará em estado operacional e confiável no início da missão, quando a missão for exigida aleatoriamente no tempo” (ABNT NBR 5462, 1994).

Em suma, significa que Disponibilidade é a fração de tempo na qual um equipamento ou sistema está apto operar quando solicitado. E sabendo disso, é possível mensurar seu valor de forma simplificada:

$$D(t) = \frac{\sum T_D}{\sum T_D + \sum T_I} = \frac{\sum T_D}{\sum T_P} \quad \text{Equação 1.1}$$

Onde:

D(t)=Disponibilidade [%]

$\sum T_D$ =Tempo Total Disponível [t];

$\sum T_I$ =Tempo Total Indisponível [t];

$\sum T_P$ =Tempo Total Planejado Para Operação [t].

Outra forma de compor o indicador de Disponibilidade em sistemas é através da relação de MTBF (Mean Time Between Failures) e MTTR (Mean Time To Repair), sendo:

- MTBF o tempo médio histórico que o equipamento ou sistema demora a falhar. Este valor estima a previsão de uma falha antes que a mesma venha a ocorrer, e é definido como.



$$MTBF = \frac{\sum T_D - \sum T_I}{P} \quad \text{Equação 1.2}$$

- MTTR o tempo médio empregado no reestabelecimento de um determinado equipamento ou sistema. Consiste do tempo estimado de indisponibilidade a partir do instante de incidência da falha. Sendo calculado por:.

$$MTTR = \frac{\sum T_I}{P} \quad \text{Equação 1.3}$$

Onde:

$\sum T_D$ =Tempo Total Disponível[t];
 $\sum T_I$ =Tempo Total Indisponível[t];
P=Número de paradas [n].

Vale ressaltar que um sistema pode apresentar altíssima Disponibilidade, porém Confiabilidade baixa. Isso ocorre quando há um MTTR baixo com alta incidência de falhas. Por isso, o diagnóstico de manutenção em instalações baseado apenas em Disponibilidade causar equívocos e deve ser apoiado por outras métricas.

Ainda falando em Disponibilidade, é possível medir o Índice de Quebras de um sistema. Trata-se da relação de intervenções realizadas entre paradas não previstas (causadas por quebras) e previstas (planejadas, ou falhas que ainda não causaram indisponibilidade).

$$IQ\% = \frac{\text{Intervenções por indisponibilidade}}{\text{Total de intervenções}} \quad \text{Equação 1.4}$$

Este fator pode ser indicativo importante de casos onde ocorrem as inconsistências entre Disponibilidade e Confiabilidade.

➤ Confiabilidade

Para se analisar a Confiabilidade R(t) de um sistema, se faz necessário a definição de dois fatores importantes:

- Conceito: Confiabilidade, segundo a ABNT, é definida como: Capacidade de um item desempenhar uma função especificada, sob condições e intervalo de tempo pré-determinado (ABNT NBR 5462, 1994).
- Equação matemática: De acordo com Silveira (2017), Confiabilidade é uma probabilidade de bom funcionamento relacionada ao tempo de utilização e a progressiva perda da qualidade. Portanto, pode ser definida como:

$$R_{(t)} = 1 - F_{(t)} \quad \text{Equação 2.1}$$

Onde:

R(t)=Confiabilidade;
F(t)=Probabilidade de Falha.

Entendendo a probabilidade de falha pela distribuição de Weibull, temos que:

$$F_{(t)} = e^{-\lambda \int_0^t dt} - 1 \quad \text{Equação 2.2}$$

Onde:

t=Tempo projetado para análise;
 λ =Taxa instantânea de falhas, definida por: $\lambda = \frac{1}{MTBF}$ Equação 2.3

Portanto, ainda de acordo com Silveira (2017), a Confiabilidade é relacionada com a probabilidade de que um item sobreviva em um determinado intervalo, ou seja, não falhe no intervalo [0,t] dada na equação:

$$R_{(t)} = e^{\frac{-t}{MTBF}} \quad \text{Equação 2.4 (Eq. 2.1 simplificada)}$$

➤ Mantenabilidade

Conforme a definição de Gurski (2002), Mantenabilidade é a facilidade com que se efetuam os reparos e outras atividades de manutenção em um sistema ou equipamento. Portanto, pode ser entendida como a capacidade da mão de obra disponível em atender as demandas relacionadas à manutenção.

De acordo com a definição apresentada, é possível relacionar a Mantabilidade de um sistema ao Backlog da equipe de manutenção responsável, já que este indicador indica se o efetivo está corretamente dimensionado e se atende suas demandas em tempo adequado (VIERRI, 2007).

Branco Filho (2006) define Backlog como o tempo que a equipe de manutenção precisa para executar todos os serviços pendentes, considerando que não cheguem novos pedidos de serviço durante a execução destes serviços.

Dadas as condições, podemos medir a Mantabilidade através do Backlog, como sendo:

$$Backlog_{(meses)} = \frac{Hh_{pendente}}{Hh_{Disponivel}} = \frac{Hh_{estimado} \cdot Q_{pendentes}}{Hh_{Disponivel}} \quad \text{Equação 3.1}$$

Onde:

Hh=Mão de Obra em Homem x horas;

Q=Quantidade de itens a reparar.

Silveira (2017), também afirma que Mantabilidade $M(t)$ se refere à probabilidade de se reestabelecer um equipamento em um dado tempo (t), e que existe uma relação entre Confiabilidade e Mantabilidade, que pode ser valorada pela equação:

$$M(t) = \frac{Q(t)}{Q(t=0)} \quad \text{Equação 3.2}$$

Onde:

$M(t)$ =Mantabilidade Estatística;

$Q(t)$ =Quantidade de Itens reparados no período;

$Q(t=0)$ =Quantidade inicial de Itens a reparar no início do período.

3-METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho pode ser classificada como uma abordagem quantitativa acerca da coleta e análise de dados com ferramentas estatísticas e explicativa, visto que seu objetivo visa demonstrar a aplicabilidade dessas ferramentas.

Inicialmente, foram coletados os dados históricos das unidades dos anos de 2021 e até abril de 2022, obtidos através do banco de dados de paradas da empresa, disponível no módulo PM (Plant Maintenance) do SAP (Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung).

Em seguida, as informações foram organizadas e relacionadas por critérios como instalações, processos, unidades, responsabilidades, criticidade, etc. Feito isso, foi preparado um dashboard através do Microsoft PowerBI contendo todos os dados importados.

Por fim, foram modeladas no painel BI a ferramentas matemáticas empregadas nas análises e, evidenciando os resultados e permitindo diagnósticos de performance efetivos.

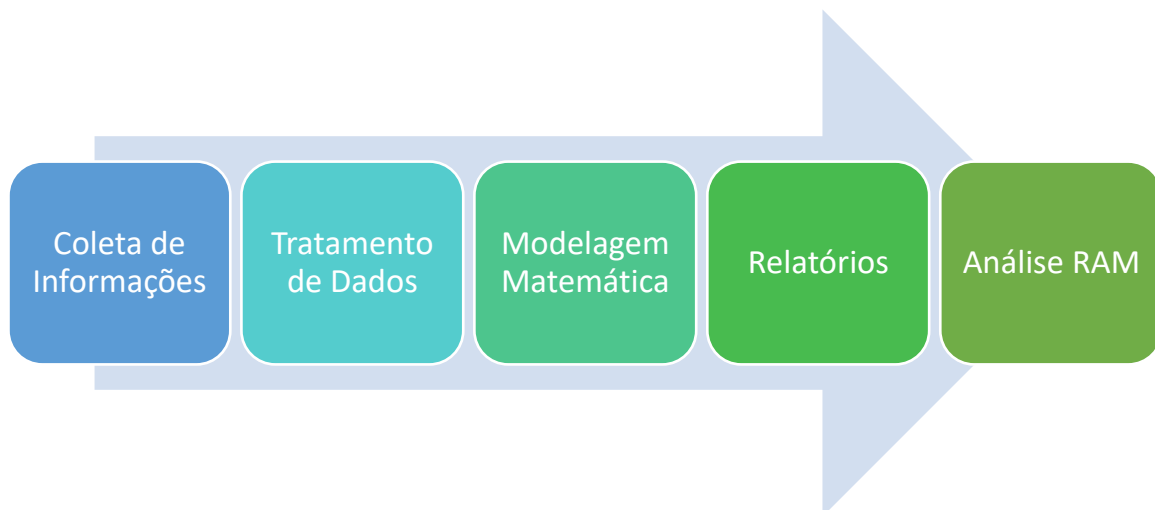


Figura 2: Fluxo da metodologia.

Fonte: Autor (2022)

➤ Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada a partir do banco de dados do sistema SAP-PM, sistema integrado de gestão empresarial (ERP), capaz de armazenar e controlar informações de paradas intervenções nas plantas operadas.

A cada evento de manutenção ocorrido, é registrado uma Nota de Manutenção (NM), onde constam as informações da ocorrência, como: equipamento, local, data/hora de ocorrência, etc. Esta NM é recebida pelo setor de manutenção e aprovada, tornando-se uma Ordem de Manutenção (OM), que compõe as tratativas e operações realizadas, bem como os registros de mão de obra empregada.

Exibir notas: lista de notas

Local de instalação	Denominação do loc. instalação	A	Descrição	Nota	Ordem	CenTrab.	Início avara	HinicAv.	Fim da avara	HfImAvar
100ETESMIGL1-DEL01-GBL02-BOM01	BOMBA ALIMENT. FILTRO PR...	B	PARAFUSOS DA BOMBA DE ALTA...	10586193	8000543890	EQ01163	11.05.2022	10:38:56	11.05.2022	13:00:00
100ETESMIGL1-ESQ01-PRP02-MIS01	MISTURADOR POLÍMERO-1	B	MISTURADOR DE POLÍMERO NÃO...	10586190	8000543894	EQ01163	11.05.2022	09:00:00	11.05.2022	17:30:00
100ETEBACSP1-DPR01-GBL02-BOM02	BOMBA LODO PRIMÁRIO 2B	B	Bomba 2B PSL - Travamento mec...	10586151	8000544831	EQ01440	11.05.2022	11:00:37		00:00:00
100ETESMIGL1-TQA01-GMCO1	AR COMPRIMIDO AUXILIAR	C	Compressor aux. parado com alar...	10586051	8000543765	EQ01163	11.05.2022	00:46:51	11.05.2022	10:00:00
100ETESMIGL1-ESQ01-GBP01-BOM01	BOMBA DOSAGEM DE CLORE...	B	Bomba está com alarme	10586036	8000543822	EQ01163	10.05.2022	21:40:56	11.05.2022	20:05:00
100ETESNETO1-TQA01-GBL02-BOM01	BOMBA LODO ZONA ANOXIC...	B	ETE Jesus Neto - Bomba 1 Válvul...	10586034	8000543595	EQ01440	11.05.2022	08:18:24		00:00:00
215ETEBIMIR1-CAB01-CAE01-PAI01	PAINEL-1-DISJUNTOR GERAL	A	Acompanhamento Guarapiranga	10585751	8000543379	EQ01164	10.05.2022	07:24:48	11.05.2022	16:00:00
100ETEBACSP1-EEE01-GBG01-BOM02	BOMBA DE ESGOTO BRUTO-2	A	CMB2 - Trocador de calor rompido	10585735	8000543463	EQ01440	09.05.2022	20:49:22	11.05.2022	11:00:00
100ETESMIGL1-DIP01-SQ001	QUEIMA DE BIOGÁS	B	Adequação do medidor da tubula...	10585725		EQ00312	12.05.2022	10:52:05		00:00:00
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA02	GRADE FINA-2	B	Pino fusível quebrado	10585717	8000543374	EQ01163	09.05.2022	08:00:00	09.05.2022	18:00:00
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA01	GRADE FINA-1	B	Pino fusível quebrado	10585716	8000543374	EQ01163	09.05.2022	08:00:00	09.05.2022	16:50:00
672ETESUZAN1-DIP01-GBL01-BOM01	BOMBA DE LODO DIGERIDO ...	B	Troca do rolamento da BLD-1.	10585613	8000543482	EQ01164	10.05.2022	08:33:21		00:00:00
672ETESUZAN1-DEL01-DLO01-FPR02	FILTRO PRENSA-2	B	Acoplamento da bandeja do FPP-2	10585610	8000543484	EQ01164	10.05.2022	08:33:55		00:00:00
672EESTAIAC1-EEE01-GBG01-BOM02	BOMBA DE ESGOTO BRUTO-2	B	Bomba não aciona	10585595	8000543401	EQ01164	06.05.2022	14:25:33	09.05.2022	16:30:00

Figura 3: IW29-Lista de notas

Fonte: SAP-PM Sabesp (2022)

Exibir ordens PM: Lista ordens

Nota	Ordem	Tp.	Denominação do loc. instalação	Texto breve	CenTrab...	InícioBase	Fim-base
10586...	8000544089	ZPM1	BOMBA HIPOCLORITO-1	bomba dosadora de polímero parada	EQ01440	13.05.2022	14.05.2022
10586667	8000544429	ZPM1	BOMBA ESCUMA-2A	Bomba de espuma 6D não liga	EQ01440	13.05.2022	
10586857	8000544405	ZPM1	BOMBA PARAFUSO-3	EEE Gua - Bomba Submersível - Baia 3	EQ01440	13.05.2022	
10587112	8000544593	ZPM1	BOMBA RECIRCULAÇÃO 5A	ELEV I - Bomba 5A Remontagem	EQ01440	01.05.2022	
10587708	8000545076	ZPM1	BOMBA RECIRCULAÇÃO 5C	Bomba 5C RSL - Curto	EQ01440	17.05.2022	
10588114	8000545601	ZPM1	BOMBA ÁGUA DE RECIRCULAÇÃO-01	Bomba 4A FTA - Substituição da bomba	EQ01440	18.05.2022	17.06.2022
10583422	8000541250	ZPM1	BOMBA-1-SUBMERSÍVEL	TAM III - Bomba 1 - Desarmando	EQ01440	03.05.2022	08.05.2022
10582271	8000540471	ZPM1	BOMBA ÁCIDO CLORÍDRICO-1	Bomba 1 Ácido - Não liga	EQ01440	29.04.2022	
10586545	8000544092	ZPM1	COMPRESSOR DE AR-01	P6 - Completar óleo Compressor 1	EQ01440	13.05.2022	

Figura 4: IW39-Lista de Ordens

Fonte: SAP-PM Sabesp (2022)

Exibir confirmações

Ordem	Oper	CenTrReal	Local de instalação	Nome do empregado	Tp.Ord	TrbReal	DtaInReal	Hora inic.real	Data fim real	Hora fim real
80005391...	0010	EQ01164	672ETESUZAN1-PDO03	JOAO PAULO ROCHA SANTOS	ZPM3	8	04.04.2022	07:00:00	04.04.2022	16:00:00
8000539180	0010	EQ01164	672ETESUZAN1-PDO03	FABIO ISAMU OGAWA	ZPM3	8	11.04.2022	07:00:00	11.04.2022	16:00:00
8000539180	0010	EQ01164	672ETESUZAN1-PDO03	MARCELO DE MORAES	ZPM3	8	13.04.2022	07:00:00	13.04.2022	16:00:00
8000539180	0010	EQ01164	672ETESUZAN1-PDO03	JOAO PAULO ROCHA SANTOS	ZPM3	8	07:00:00	13.04.2022	13.04.2022	16:00:00
8000539180	0010	EQ01164	672ETESUZAN1-PDO03	FABIO ISAMU OGAWA	ZPM3	4	18.04.2022	12:00:00	18.04.2022	16:00:00
8000539180	0010	EQ01164	672ETESUZAN1-PDO03	FABIO ISAMU OGAWA	ZPM3	1,500	19.04.2022	14:30:00	19.04.2022	16:00:00
8000539180	0010	EQ01164	672ETESUZAN1-PDO03	FABIO ISAMU OGAWA	ZPM3	8	07:00:00	19.04.2022	19.04.2022	16:00:00
8000540523	0010	EQ01164	215ETEBIMIR1-CAN01-GRM01-GRA01	DEMETRIUS DE MELLO MACHADO	ZPM3	9	07:00:00	19.04.2022	19.04.2022	17:00:00
8000540523	0010	EQ01164	215ETEBIMIR1-CAN01-GRM01-GRA01	DEMETRIUS DE MELLO MACHADO	ZPM3	9	20.04.2022	07:00:00	20.04.2022	17:00:00
8000539180	0010	EQ01164	672ETESUZAN1-PDO03	ROMUALDO FRIOLANI JUNIOR	ZPM3	8	26.04.2022	07:00:00	26.04.2022	16:00:00
8000543379	0010	EQ01164	215ETEBIMIR1-CAB01-CAE01-PAI01	DEMETRIUS DE MELLO MACHADO	ZPM3	9	07:00:00	26.04.2022	26.04.2022	17:00:00

Figura 5: ZPM004-Lista de Confirmações

Fonte: SAP-PM Sabesp (2022)

Com o intuito de fornecer um estudo representativo, foram levantados os dados de janeiro de 2021 até abril de 2022, em todas as ETE's de 3 Divisões de Operação (Sistemas) atendidas, sendo elas MTLA, MTLM e MTLs, todas compostas por uma estação de grande porte como polo principal, mais outras unidades operadas pelos mesmos responsáveis, denominadas como isoladas. Cada uma dessas unidades é constituída por instalações, sub-instalações e posições operacionais, e agrupadas por processos de modo que as informações possam ser consolidadas em conjunto ou individualmente.

A imagem a seguir mostra uma seção da estrutura de ativos da ETE São Miguel, polo principal da Divisão MTLM.

Represent.estrutura local instalação: Lista de estrutura

Explosão total Classes de material

Loc.instalação	100ETESMIGL1	Vál.desde	19.05.2022
Denominação	ETE-SÃO MIGUEL		
100ETESMIGL1	ETE-SÃO MIGUEL		
100ETESMIGL1-ADE01	ADENSADORES POR GRAVIDADE		
100ETESMIGL1-ADE01-GBD01	BOMBEAMENTO DE DRENAGEM DE PISO		
100ETESMIGL1-ADE01-GBD01-BOM01	BOMBA DRENAGEM DE PISO 01		
4100906	Bomba Submersivel	C	100ETESMIGL1-ADE01-GBD01-BOM01
100ETESMIGL1-ADE01-GBL01	BOMBEAMENTO DE LODO ADENSADO		
100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM01	BOMBA-LODO ADENSADO-1		
4005503	BOMBA-1-IMBIL	B	100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM01
4019846	MEDIDOR DE PRESSÃO-1-RECALQUE-BOMBA-ESCU	B	100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM01
4007723	INVERSOR DE FREQUÊNCIA-1-BOMBA-ESCUMA-BD	B	100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM01
4023518	MOTOR-1-BOMBA-ESCUMA P/DIGESTORES	B	100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM01
100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM02	BOMBA-LODO ADENSADO-2		
4005509	BOMBA-2-1LODO ADENSADO \$	B	100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM02
4019847	MEDIDOR DE PRESSÃO-2-RECALQUE-BOMBA-LODO	B	100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM02
4007724	INVERSOR DE FREQUÊNCIA-2-BOMBA-LODO E ES	B	100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM02
4023519	MOTOR-2-BOMBA-LODO E ESCUMA P/DIGESTORES	B	100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM02
100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM03	BOMBA-LODO ADENSADO-3		
4003654	BOMBA-3-LODO ADENSADO	B	100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM03
4019848	MEDIDOR DE PRESSÃO-3-RECALQUE-BOMBA-LODO	B	100ETESMIGL1-ADE01-GBL01-BOM03

Figura 6: IH01-Estrutura de Unidade

Fonte: SAP-PM Sabesp (2022)

➤ Tratamento de Dados

As informações consultadas na etapa anterior através do SAP-PM foram exportadas ao banco de dados PowerQuery do MS Power BI, sendo organizadas e inter-relacionadas de modo a possibilitar o manejo matemático dos dados.

COD	Local	Criticidade	Descrição	Nota	Ordem	Campo de	Prazo	Início Avaria	Fim Avaria	Parada	Equip
100ETESMIGL1-EA02-GBX02-BOM02	BOMBA SELAGEM-2	B	Preventiva Bomba 2 Selagem	10562136	8000521126	MURILLO/FRA	05/03/2022 14:56:00	05/03/2022 15:00:00			EQ01163
100ETESMIGL1-EEE01-GBG01-BOM02	BOMBA PRINCIPAL DE ESGOTO BRU	B	PREVENTIVA BB 2 EF	10468842	8000435408	ELETROMECÁ	30/04/2022 16:12:00	30/04/2022 16:14:00			EQ01163
100ETESMIGL1-EEE01-GBG01-BOM02	BOMBA PRINCIPAL DE ESGOTO BRU	B	Parada da Bomba nº 2 da Elevatória Final	10557167	8000516613	BRUNO	18/02/2022 10:27:00	18/02/2022 12:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-EEE01-GBG01-BOM02	BOMBA PRINCIPAL DE ESGOTO BRU	B	PREVENTIVA BOMBA 2 ELEV. FINAL	10556987	8000516422	MURILLO/TER	17/02/2022 07:18:00	17/02/2022 13:50:00			EQ01163
100ETESMIGL1-ESQ01-GBP01-BOM01	BOMBA DOSAGEM DE CLORETO-1	B	Vazamento nas conexões da Bomba	10531489	8000493119	MURILLO	30/11/2021 16:00:00	30/11/2021 17:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-ESQ01-GBP01-BOM01	BOMBA DOSAGEM DE CLORETO-1	B	Bomba dosadora com alarme	10509292	8000472567	CORDEIRO	20/09/2021 07:46:00	20/09/2021 20:55:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-ESQ01-GBP01-BOM01	BOMBA DOSAGEM DE CLORETO-1	B	Desarmes Intermitentes nas bombas	10527872	8000490208	BORGES	19/11/2021 11:56:00	19/11/2021 16:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-ESQ01-GBP01-BOM01	BOMBA DOSAGEM DE CLORETO-1	B	Bomba com baixa eficiência	10464391	8000431893	MARQUINHO	13/04/2021 14:33:00	14/04/2021 11:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-ESQ01-GBP01-BOM02	BOMBA DOSAGEM DE CLORETO-2	B	Bomba de Cloreto nF2 está Inoperante	10561102	8000520325	BORGES	02/03/2022 10:57:00	03/03/2022 03:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-ESQ01-GBP01-BOM02	BOMBA DOSAGEM DE CLORETO-2	B	Bomba de Cloreto nF2 está Inoperante	10559912	8000519205	MARQUINHO	26/02/2022 21:08:00	27/02/2022 02:32:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-PRP02-MIS01	MISTURADOR POLIMERO-1	B	Inversor do Misturador com alarmes	10510259	8000474308	TETSUO	22/09/2021 19:06:00	23/09/2021 16:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-ESQ01-PRP02-MIS01	MISTURADOR POLIMERO-1	B	Problema no Misturador de Polímero FFn1	10540679	8000501834	BRUNO	02/01/2022 08:48:00	03/01/2022 16:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-ESQ01-PRP02-MIS01	MISTURADOR POLIMERO-1	B	Misturador de lodo e Polímero	10482057	8000447306	MURILLO/MA	16/06/2021 07:37:00	17/06/2022 16:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-ESQ01-PRP02-MIS02	MISTURADOR POLIMERO-2	B	Inversor de polímero com erro	10469309	8000438602	BORGES/PIT	03/05/2021 09:07:00	11/05/2021 16:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-ESQ01-PRP02-MIS02	MISTURADOR POLIMERO-2	B	Motor do Misturador de Polímero travado.	10522129	8000484732	WILSON	02/11/2021 10:37:00	03/11/2021 18:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-ESQ01-PRP02-MIS02	MISTURADOR POLIMERO-2	B	Misturador FP2 desligando constantemente	10462586	8000430504	MURILLO	08/04/2021 07:00:00	09/04/2021 19:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM01-GRA01	GRADEAMENTO-1-GROSSEIRO	B	Iluminação da Grade Grossa	10486464	8000451107	BORGES	05/07/2021 10:07:00	05/07/2021 16:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM01-GRA01	GRADE GROSSA-1	B	Ratelo da Grade está desalinado	10533014	8000496113	MURILLO/FRA	04/12/2021 00:40:00	09/12/2021 10:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM01-GRA01	GRADE GROSSA-1	B	Grade não opera em automático	10553288	8000513560	BORGES	08/02/2022 07:43:00	08/02/2022 14:45:00			EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM01-GRA01	GRADE GROSSA-1	B	GG nR01 com pino-fusível quebrado	10569939	8000529369	MARQUINHO	31/03/2022 16:19:00	01/04/2022 11:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM01-GRA02	GRADE GROSSA-2	B	Ratelo da Grade está Travando na Chapa	10548626	8000508650	MARQUINHO	25/01/2022 19:15:00	26/01/2022 16:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM01-GRA02	GRADE GROSSA-2	B	Grade Grossa nº 02 com problema.	10542395	8000502929	BORGES/PIT	05/01/2022 03:58:00	05/01/2022 11:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM01-GRA02	GRADE GROSSA-2	B	Grade grossa 2 Inoperante	10488350		CANCELAR DU	10/07/2021 16:59:00	10/07/2021 17:00:00			EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM01-GRA02	GRADE GROSSA-2	B	Cabo de aço desentrou da grade grossa 2	10563475	8000522506	MARQUINHO	09/03/2022 12:16:00	09/03/2022 16:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM01-TRP01	ESTEIRA TRANSPORTADORA-GRADE	B	Esteira transportadora não aciona	10535376	8000513568	BORGES	07/02/2022 12:23:00	08/02/2022 18:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM01-TRP01	ESTEIRA TRANSPORTADORA-GRADE	B	Problema na esteira da Grade Grossa.	10540681	8000501558	BORGES	03/01/2022 13:24:00	04/01/2022 16:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM01-TRP01	ESTEIRA TRANSPORTADORA-GRADE	B	Esteira transportadora com Problema.	10505672	8000471434	BRUNO	15/09/2021 10:18:00	15/09/2021 16:00:00			EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA01	GRADE FINA-1	B	Grade Fina nF1 inoperante	10461269	8000429400	MARQUINHO	02/04/2021 11:11:00	02/04/2021 16:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA01	GRADE FINA-1	B	Grade fina 1 pino fusível quebrado	10534294	8000496115	MURILLO/FRA	08/12/2021 21:07:00	09/12/2021 17:25:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA01	GRADE FINA-1	B	Instalação de bomba de drenagem	10472519	8000439181	PIT	13/05/2021 09:53:00	31/05/2021 16:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA01	GRADE FINA-1	B	Quebra de Pino-fusível	10529060	8000490870	MURILLO	24/11/2021 05:35:00	24/11/2021 17:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA01	GRADE FINA-1	B	pino fusível quebrado	10562769	8000520999	BRUNO	07/03/2022 21:22:00	07/03/2022 23:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA01	GRADE FINA-1	B	Grade fina 1 pino fusível quebrado	10553225	8000513558	WILSON/COR	05/02/2022 20:47:00	06/02/2022 12:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA01	GRADE FINA-1	B	Pino-fusível quebrado	10547351	8000507631	MARQUINHO	21/01/2022 08:12:00	21/01/2022 13:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA01	GRADE FINA-1	B	GMF nR01 está inoperante	10547948	8000508162	MURILLO/FRA	22/01/2022 03:43:00	22/01/2022 08:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA01	GRADE FINA-1	B	Grade fina 1 pino fusível quebrado	10539381	8000500169	MARQUINHO	28/12/2021 15:32:00	29/12/2021 11:30:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA01	GRADE FINA-1	B	Grade Fina nF1 inoperante	10462582	8000430506	MURILLO	09/04/2021 10:35:00	09/04/2021 12:00:00	X		EQ01163
100ETESMIGL1-GRD01-GRM02-GRA01	GRADE FINA-1	B	GMF nR01 está inoperante	10565338	8000524691	MURILLO/MA	15/03/2022 21:31:00	16/03/2022 18:00:00	X		EQ01163

Figura 7: Informações consolidadas no PowerQuery

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)

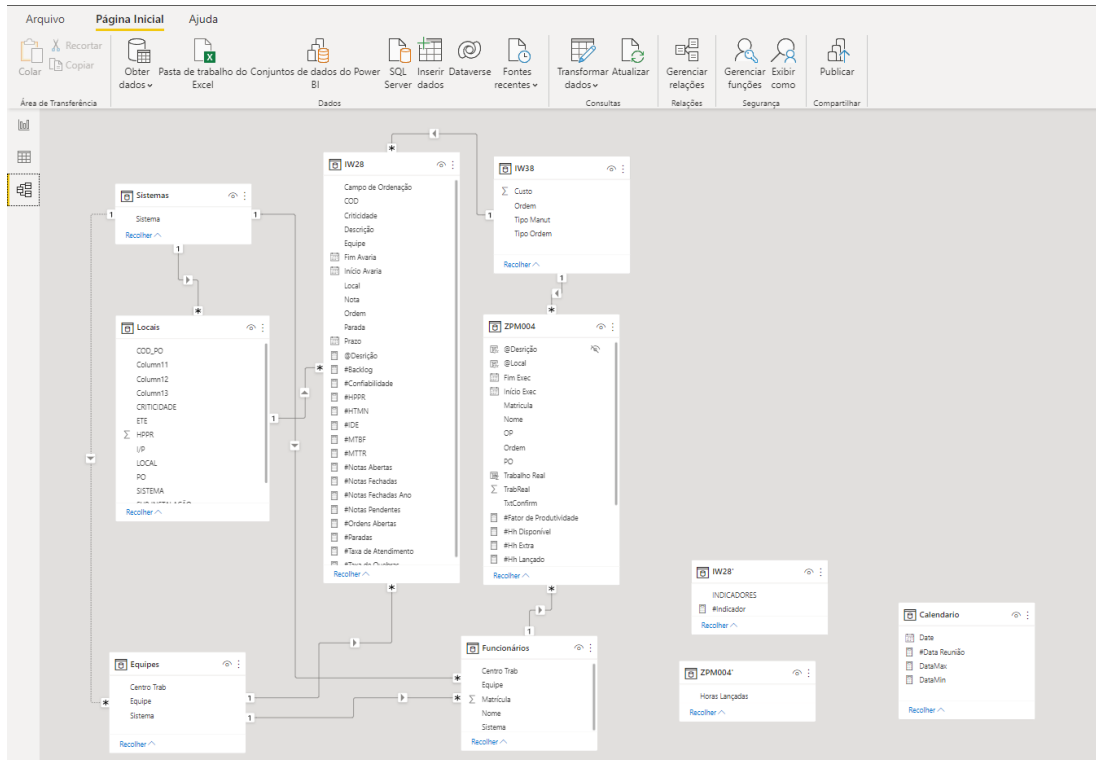


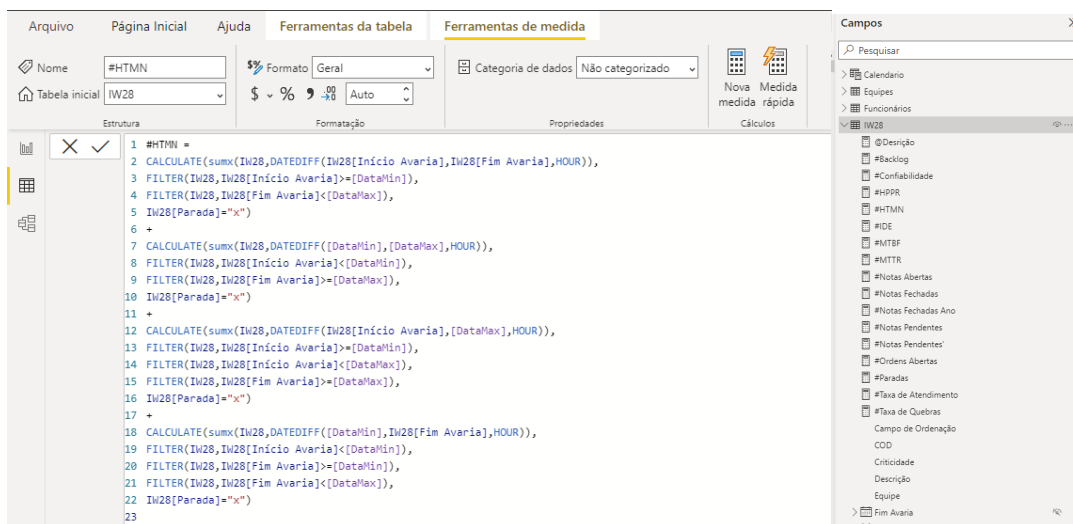
Figura 8: Relacionamentos entre consultas do PowerQuery

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)

➤ Modelagem Matemática

Com os dados devidamente levantados e organizados, é possível compor todas as fórmulas necessárias através do módulo de linguagem DAX do Power BI. Este recurso trata-se de uma coleção de funções que permite várias iterações entre de bancos de dados, facilitando assim a consolidação e cálculo das informações em diversos níveis e modelos simultaneamente.

A imagem a seguir mostra parte do painel de campos e uma fórmula DAX para cálculo iterativo do valor de tempo indisponível retirado das NM's denominado aqui como HTMN.



Fórmulas

```

1 #HTMN =
2 CALCULATE(sumx(IW28,DATEDIFF(IW28[Início Avaria],IW28[Fim Avaria],HOUR)),
3 FILTER(IW28,IW28[Início Avaria]>=[DataMin]),
4 FILTER(IW28,IW28[Fim Avaria]<[DataMax]),
5 IW28[Parada]="x")
6 +
7 CALCULATE(sumx(IW28,DATEDIFF([DataMin],[DataMax],HOUR)),
8 FILTER(IW28,IW28[Início Avaria]<[DataMin]),
9 FILTER(IW28,IW28[Fim Avaria]>[DataMax]),
10 IW28[Parada]="x")
11 +
12 CALCULATE(sumx(IW28,DATEDIFF(IW28[Início Avaria],[DataMax],HOUR)),
13 FILTER(IW28,IW28[Início Avaria]>[DataMin]),
14 FILTER(IW28,IW28[Início Avaria]<[DataMax]),
15 FILTER(IW28,IW28[Fim Avaria]>[DataMax]),
16 IW28[Parada]="x")
17 +
18 CALCULATE(sumx(IW28,DATEDIFF([DataMin],IW28[Fim Avaria],HOUR)),
19 FILTER(IW28,IW28[Início Avaria]<[DataMin]),
20 FILTER(IW28,IW28[Fim Avaria]>[DataMin]),
21 FILTER(IW28,IW28[Fim Avaria]<[DataMax]),
22 IW28[Parada]="x")
23

```

Campos

- Calendario
- Equipas
- Funcionários
- IW28
 - @Descrição
 - #Backlog
 - #Confiabilidade
 - #HPRR
 - #HTMN
 - #IDE
 - #MTRF
 - #MTR
 - #Notas Abertas
 - #Notas Fechadas
 - #Notas Fechadas Ano
 - #Notas Pendentes
 - #Notas Pendentes'
 - #Ordens Abertas
 - #Paradas
 - #Taxa de Atendimento
 - #Taxa de Quebras
 - Campo de Ordenação
 - COD
 - Criticidade
 - Descrição
 - Equipe
 - Fim Avaria
 - Início Avaria

Figura 9: Fórmula DAX para cálculos no PowerBI

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)

➤ Relatórios

Através das informações coletadas, tratadas e compiladas, foram construídos relatórios de para cada uma das disciplinas da Análise RAM.

Na figura 10 é apresentado o Relatório de Disponibilidade (IDE), contendo à esquerda os possíveis filtros por tipo de unidade (Isolado/Principal), sistemas, ou unidades (ETE's) individualmente.

Na parte superior é apresentado um histograma de barras indicando a Disponibilidade, acompanhado de outro em linha indicando a Taxa de Quebras por mês, enquanto ao lado, nota-se a projeção média para o ano.

Na parte inferior, são mostrados quadros com o detalhamento de informações. Através deles é possível navegar entre unidades, processos, instalações e equipamentos, comparando valores de horas planejadas, horas indisponíveis, número de intervenções e de paradas, além de informações das NM's as quais se referem.



Figura 10: Relatório de Disponibilidade

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)

Partindo do mesmo princípio, temos o painel de Confiabilidade. No gráfico de barras são apresentados os valores de MTTR e MTBF, enquanto a Confiabilidade é mostrada pelo indicador de linhas e acompanhado de uma projeção anual.

Da mesma forma, o lado esquerdo dispõe de recursos de filtragem por unidades e o quadro inferior permite a navegação interativa, possibilitando a comparação entre vários níveis e parâmetros relacionados à análise, como pode ser visualizado na figura a seguir:

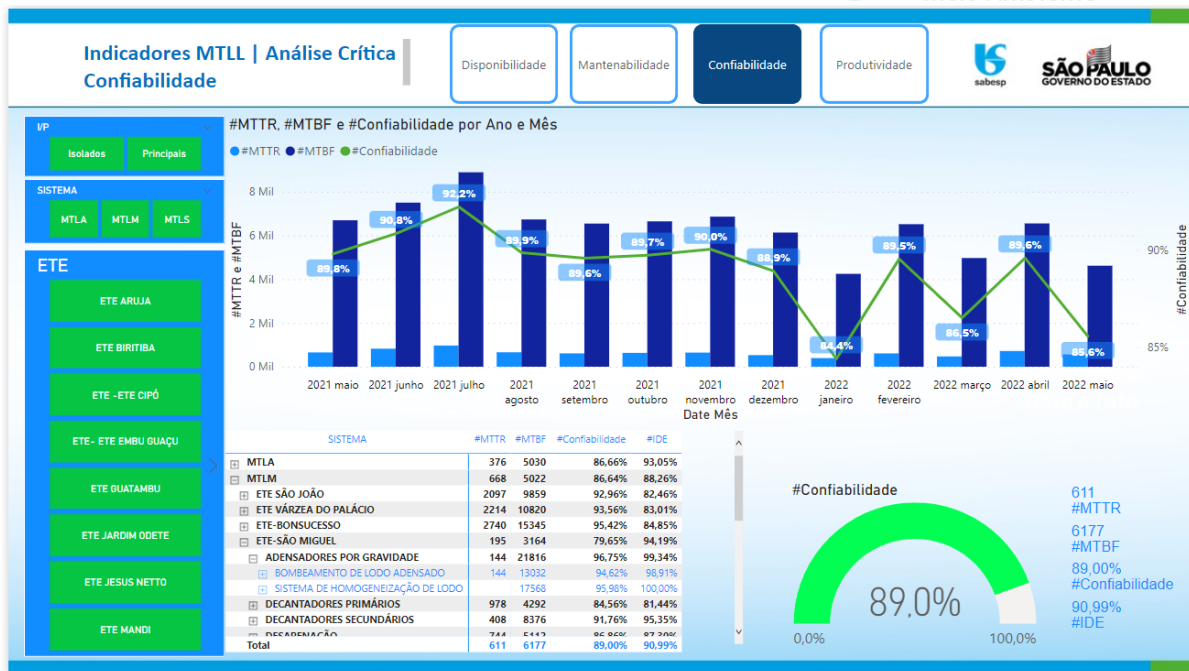


Figura 11: Relatário de Confiabilidade

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)

De forma similar, mas com algumas particularidades, o painel de Manutenibilidade é filtrado não por unidades, mas sim por equipes responsáveis pelas intervenções.

Na figura 12, o gráfico superior apresenta a Manutenibilidade na forma estatística baseada no fator de atendimento às notas, enquanto o inferior traz o Backlog com base nas notas pendentes, Hh médio dos atendimentos e Hh disponível das equipes. Já os quadros laterais estratificam os valores por período.

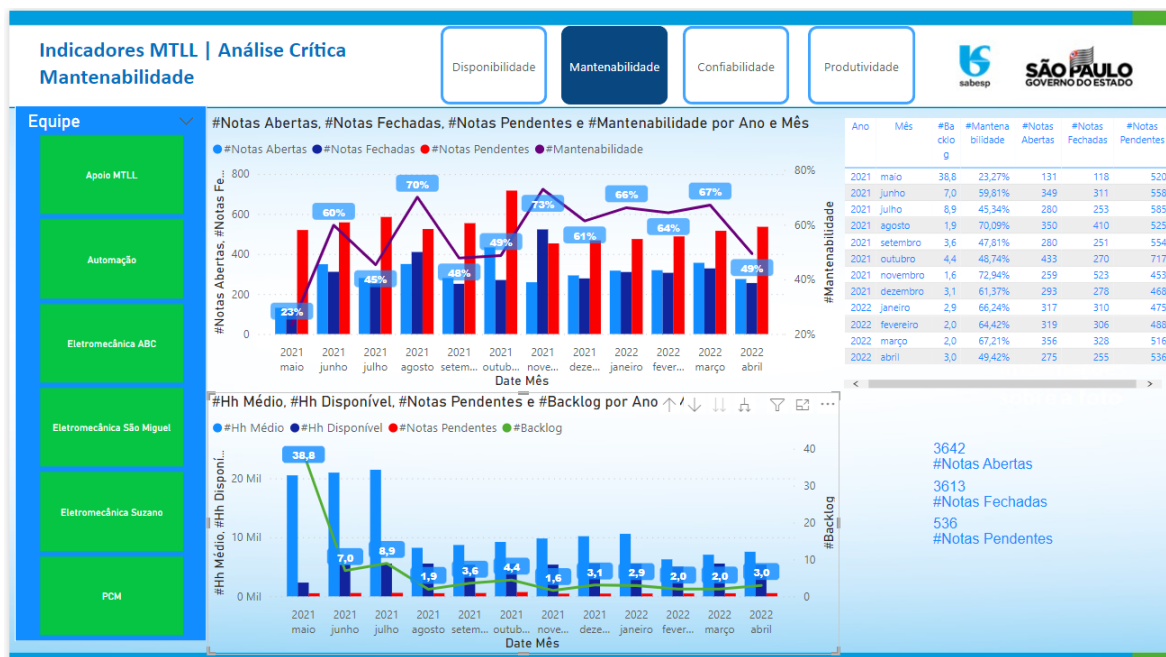


Figura 12: Relatário de Manutenibilidade

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)



Adicionalmente, foi elaborado outro painel para as Análises Críticas. Este mede a produtividade das equipes de acordo com os apontamentos de execução dos serviços. Nos relatórios da figura 13, consegue-se medir Taxa de Ocupação, Fator de Produtividade, Horas Extras, Mão de Obra Disponível, entre outros.

Este relatório em particular não se refere à análise RAM, mas através dele é possível avaliar se a entrada de informações no SAP-PM está ocorrendo e garantir que os demais dados sejam consistentes.



Figura 13: Relatório Adicional de Produtividade Geral

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)

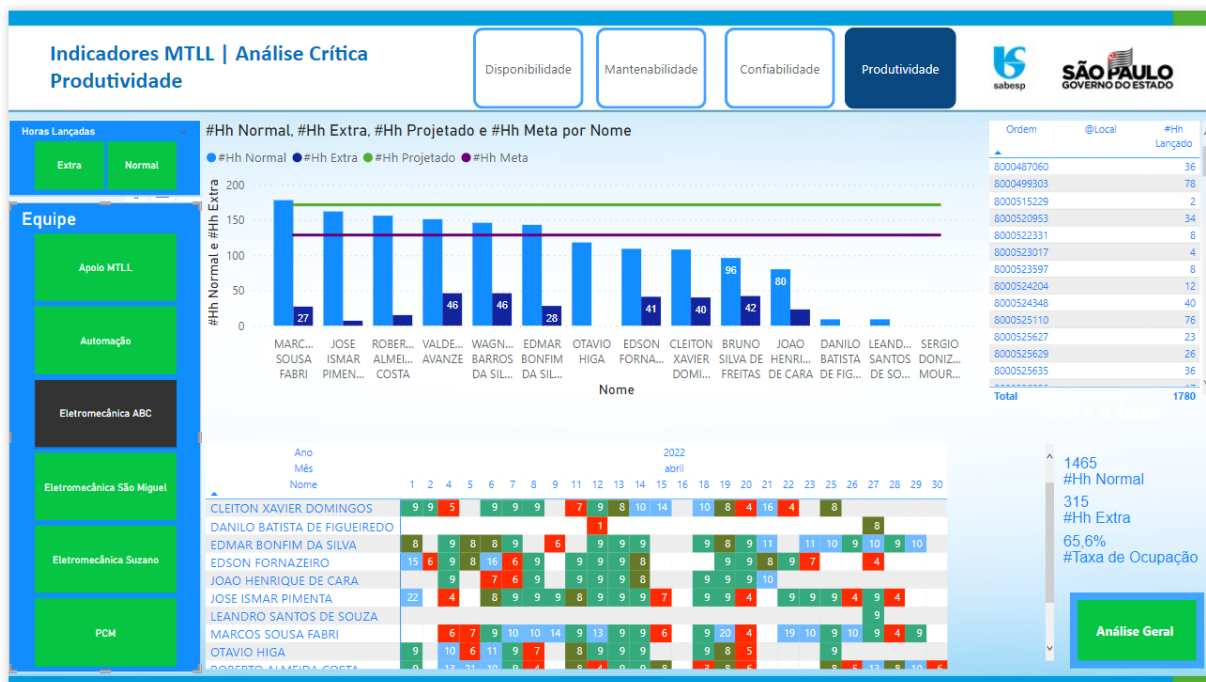


Figura 14: Relatório Adicional de Produtividade Individual

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)

➤ Análise RAM

Após a elaboração e estudo dos relatórios, foi possível a verificação dos equipamentos que mais impactam na performance ETE's atendidas pela Divisão de Manutenção.

Os três critérios da Análise RAM podem apontar para equipamentos/instalações coincidentes ou não como prioridade. Por isso, eles foram avaliados separadamente, e em seguida comparados para determinar suas relações.

Com as análises realizadas, os diagnósticos passam a se tornar claros e objetivos. Portanto direcionam as equipes do MTLT a elaborar planos de ação pertinentes à real necessidade das instalações.

4-RESULTADOS

➤ Disponibilidade

Entre os três sistemas avaliados, quem apresenta valores mais críticos de Disponibilidade é MTLM. Além da menor Disponibilidade (86,69%), também possui a maior Taxa de Quebras (54,49%).

Também é neste sistema que estão as ETE's pior índice de Disponibilidade (Bonsucesso, São João e Várzea do Palácio) e uma das maiores Taxas de Quebra (São Miguel).

A instalação de Gradeamento da ETE Várzea do Palácio apresenta 0,72% de Disponibilidade, enquanto a Estabilização Química e Gradeamento ITi-14 na ETE São Miguel indicam 100% de Taxa de Quebras. Estes pontos estão evidenciados na imagem a seguir:

SISTEMA	#HPPR	#HTMN	#IDE	#Notas Abertas	#Paradas	#Taxa de Quebras
MTLA	720576	50232	93,03%	444	154	34,68%
ETE -ETE CIPÓ	13344	1381	89,65%	1	1	100,00%
ETE- ETE EMBU GUAÇU	6672		100,00%			
ETE JESUS NETTO	80064	4369	94,54%	20	2	10,00%
ETE PARQUE ANDREENSE	20016		100,00%			
ETE-ABC	497064	42470	91,46%	409	147	35,94%
ETE-EFRF IBIRAPUERA	50040		100,00%	8		
ETE-PINHEIRINHO	16680	10	99,94%	2	1	50,00%
ETE-RIACHO GRANDE	36696	2002	94,54%	4	3	75,00%
MTLM	797304	106139	86,69%	323	176	54,49%
ETE SÃO JOÃO	163464	30913	81,09%	27	16	59,26%
ETE VÁRZEA DO PALÁCIO	153456	28632	81,34%	36	13	36,11%
ETE-BONSUCESSO	116760	23777	79,64%	20	8	40,00%
ETE-SÃO MIGUEL	363624	22817	93,73%	240	139	57,92%
MTLS	603816	48653	91,94%	135	47	34,81%
ETE ARUJA	73392	6476	91,18%	9	4	44,44%
ETE BIRITIBA	56712	4223	92,55%	14	9	64,29%
ETE GUATAMBU	23352	3487	85,07%	3	2	66,67%
ETE JARDIM ODETE	40032	3312	91,73%	2		
ETE MANDI	23352	3312	85,82%			
ETE-ETE SUZANO	383640	27843	92,74%	107	32	29,91%
ETE-SALESÓPOLIS	3336		100,00%			
Total	2121696	205024	90,34%	902	377	41,80%
ETE-SÃO MIGUEL	363624	22817	93,73%	240	139	57,92%
ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA DE LODO	16680	124	99,26%	8	8	100,00%
GRADEAMENTO ITI-14	6672	528	92,09%	5	5	100,00%
ETE VÁRZEA DO PALÁCIO	153456	28632	81,34%	36	13	36,11%
GRADEAMENTO	10008	9936	0,72%			

Figura 15: Relatório de Disponibilidade – Estratificado

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)

➤ Confiabilidade

A Confiabilidade do sistema MTLM (86,64%) também é menor quando comparada com as demais, seguida do MTLA (86,66%). O sistema MTLs (95,06%) apresentou valor global satisfatório, mas algumas instalações críticas ainda apresentam alto risco de falha. Os valores prioritários encontrados foram:

SISTEMA	#MTR	#MTBF	#Confiabilidade
MTLM	668	5022	86,64%
ETE-SÃO MIGUEL	195	3164	79,65%
SISTEMAS DE GRADEAMENTO	38	899	44,89%
GRADEAMENTO ITI-14	106	927	46,00%
DESIDRATAÇÃO DE LODO	89	1277	56,91%
MTLA	376	5030	86,66%
ETE-ABC	351	3639	82,05%
DECANTADORES PRIMÁRIOS	133	473	21,82%
ELEVATÓRIA DE ESGOTO BRUTO GUAMIRANGA	920	1590	63,59%
SISTEMAS DE GRADEAMENTO	199	1665	64,89%
MTLS	1212	14224	95,06%
ETE-ETE SUZANO	998	12121	94,23%
DECANTADORES PRIMÁRIOS	652	2542	75,33%
ENTRADA DE ENERGIA	10	4383	84,85%
DESIDRATAÇÃO DE LODO	361	4658	85,68%

Figura 16: Relatório de Confiabilidade – Estratificado

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)

➤ Mantenabilidade

Embora a Divisão de Manutenção atenda de forma cruzada a todas as ETE's dos três sistemas de operação, a Manutenibilidade foi avaliada com foco nas equipes de Eletromecânica ABC, São Miguel e Suzano como responsáveis pelos sistemas MTLA, MTLM e MTLs respectivamente, pois são estas que se responsabilizam pelo primeiro atendimento em qualquer tipo de ocorrência. Além disso, as demais equipes sempre atuam associadas a estas principais.

Nas imagens a seguir, verificamos a evolução de Manutenibilidade das equipes:

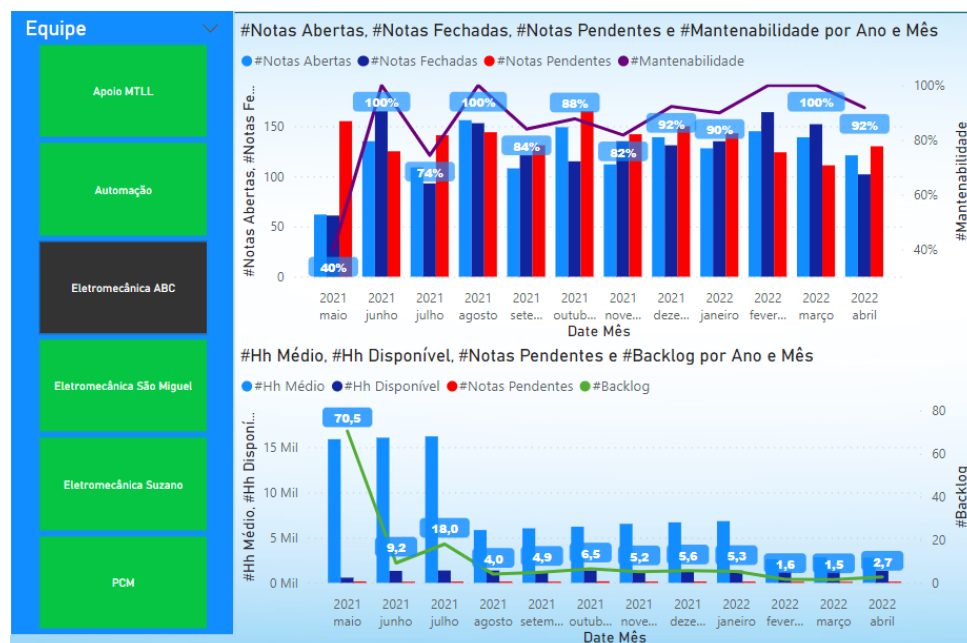


Figura 17: Relatório de Manutenibilidade MTLA

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)

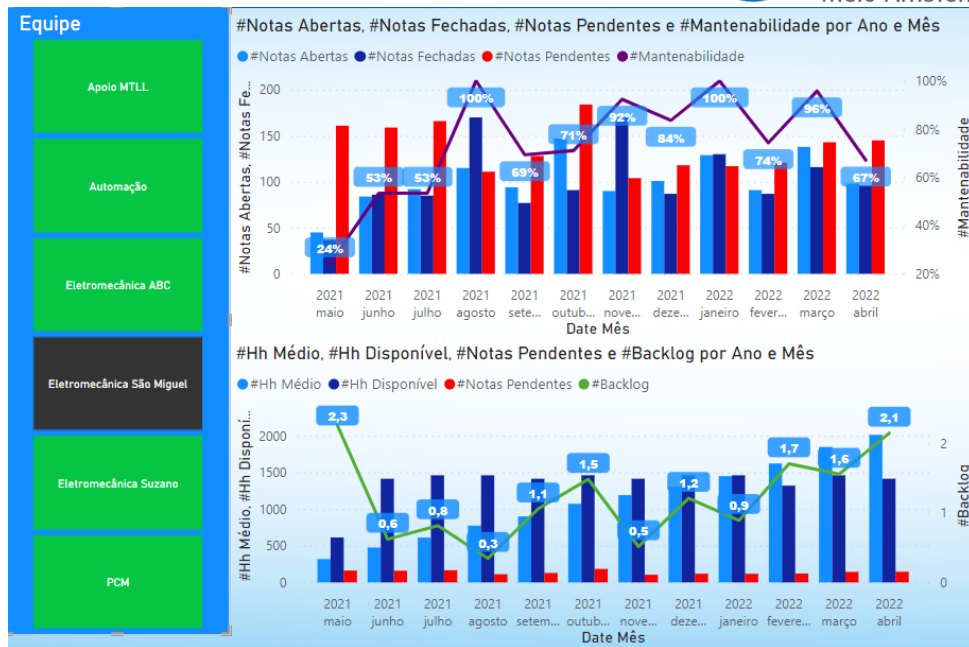


Figura 18: Relatório de Manutenibilidade MTLM

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)

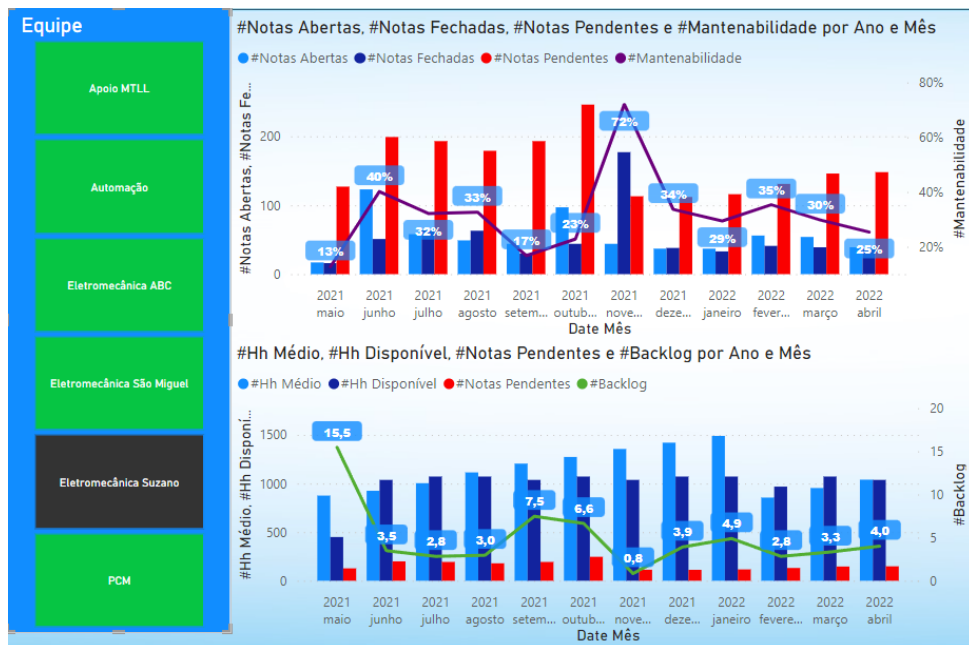


Figura 19: Relatório de Manutenibilidade MTLs

Fonte: PowerBI Sabesp (2022)

O sistema MTLs encontra-se notoriamente mais deficitário que os demais sob o ponto de vista de atendimento às demandas. Tanto a relação de Backlog quanto a Manutenibilidade apontam números bem mais críticos que os demais, exigindo priorização dessa equipe para evitar acúmulo de ocorrências e colapso dos demais critérios.

5-CONCLUSÃO

A aplicação deste estudo atingiu o objetivo proposto, visto que através dele foi possível proporcionar uma visão completa e detalhada a respeito de uma vasta lista de ativos operados nas ETE's da Região Metropolitana de São Paulo. Com a Análise RAM norteando as Análises Críticas de Manutenção, a liderança responsável por estas instalações passou a ter amparo técnico suficiente para decisões estratégicas de forma assertiva e eficiente.

Através do estudo no período avaliado, notou-se que o Sistema MTLM é o que possui ativos em situação mais crítica, seguido de perto pelo MTLA. Também se percebe pelos resultados de Disponibilidade e Confiabilidade que os processos de Gradeamento representam forte impacto nos resultados dos três sistemas estudados. Além disso, Desidratação de Lodo e Decantadores também figuram como instalações críticas em mais de um sistema cada. E embora tenha apresentado valores consistentes nos dois primeiros critérios, o sistema MTLA mostra-se vulnerável na hipótese de sofrer com ocorrências imprevistas, já que é o menos estável com Manutenibilidade.

Os principais benefícios alcançados pela aplicação da ferramenta foram:

- Facilidade na identificação de problemas críticos, direcionando priorização de ações;
- Melhor capacidade analítica dos processos e sistemas;
- Aprendizado e enriquecimento intelectual dos envolvidos no desenvolvimento do estudo;
- Possibilidade de ser usada como modelo para aplicações em outras áreas de negócio da companhia.

Este trabalho leva a Divisão de Manutenção dos Sistemas de Tratamento Leste a um novo patamar no que se diz respeito a Gestão de Ativos e Engenharia de Confiabilidade, apontando para otimização de resultados através de diagnósticos cada vez mais precisos.

Sugere-se que a ferramenta desenvolvida neste estudo norteie o desenvolvimento outras práticas, dessa vez no sentido de conceber métodos de resolução dos problemas identificados com seu uso, como tratativas de falhas recorrentes, otimização de produtividade da mão de obra, redução de quebras e incrementos de performance em equipamentos. Desse modo, será possível tirar proveito do máximo potencial da Análise RAM em busca dos melhores resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade – Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 1994.
2. BRANCO FILHO, Gil. Indicadores e Índices de Manutenção. Editora Ciência Moderna Ltda. Rio de Janeiro, 2006.
3. GURSKI, Carlos Alberto. Curso de Formação de Operadores de Refinaria: Noções de Confiabilidade e Manutenção Industrial. Petrobras, Curitiba, 2002.
4. ReCESA; Esgotamento Sanitário – Processos de Tratamento de Esgotos - Nível 1; Brasil; ReCESA-Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental
5. SILVEIRA, Júlio Cesar Agrícola Costa da. Análise RAM de um Sistema de Transporte de Bobinas de Aço. Monografia (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, Paraná, 2017.
6. VIERRI, Luiz Alberto; Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial: Aplicação Prática. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007
7. <https://mm.exame.com/sabesp/> <acessado em 17/05/2022>