



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

RODRIGO COSTA DAS NEVES

**MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS: ESTUDO DE CASO SOBRE OVERHAUL DA
BALANÇA RODOVIÁRIA NÚMERO 1 DO TERMINAL DO PORTO DO ITAQUI**

SÃO LUÍS - MA

2021

RODRIGO COSTA DAS NEVES

**MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS: ESTUDO DE CASO SOBRE OVERHAUL DA
BALANÇA RODOVIÁRIA NÚMERO 1 DO TERMINAL DO PORTO DO ITAQUI**

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA DEFENDIDA PELO ALUNO RODRIGO COSTA DAS NEVES, E ORIENTADA PELA PROFESSORA Me. MICHELLE SUZANE MENDES PINHEIRO DE OLIVEIRA.

SÃO LUÍS - MA

2021

Neves, Rodrigo Costas das.

Manutenção de equipamentos: estudo de caso sobre overhaul da balança rodoviária número 1 do Terminal do Porto do Itaqui / Rodrigo Costa das Neves. – São Luís, 2021.

... f

TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

Orientadora: Profa. Ma. Michelle Suzane Mendes de Oliveira.

1.Balança rodoviária. 2.Corrosão. 3.Manutenção. 4.Overhaul. I.Título.

CDU: 658.58

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO

**MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS: ESTUDO DE CASO SOBRE OVERHAUL DA
BALANÇA RODOVIÁRIA NÚMERO 1 DO TERMINAL DO PORTO DO ITAQUI**

Autor: Rodrigo Costa das Neves

Orientador: Prof. Me. Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira

A Banca examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Monografia:

				<i>Michelle S.M. Pinheiro de Oliveira</i>						
Prof.	M	M		M	d	Pinheiro	d	r	M	M
Prof.	r			r	r	r	dr	M	M	
Prof.	r	d		r	r	dr	d	M	M	

A ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

São Luís, 09 de dezembro de 2021

Dedicatória

A meu bom Deus, que sem Ele eu nada seria A Nossa Senhora que é minha Mãe no céu. Aos meus pais que sempre fizeram tudo por mim e doaram suas vidas inteiramente a mim. Aos meus irmãos que sempre me apoiaram em todas as situações. A minha família. A Beata Chiara Luce Badano que é minha amiga do céu e quem eu amo demais. A todas as pessoas que contribuíram com a minha formação profissional.

Agradecimentos

Antes de tudo, queria agradecer a Deus por tudo que fez e faz por mim, sendo o meu sustento nos momentos difíceis e que mesmo com meus pecados e imperfeições me ama e quer a minha felicidade. Gostaria de agradecer também a Nossa Senhora, a qual sou consagrado e que me acolhe com o seu colo de mãe e me consola em todos os momentos de luta, combate e me ajudou demais nesse período da graduação.

À minha família. À minha mãe, Solange Helena Carvalho Costa das Neves, a qual deixou de trabalhar por 10 anos para estar presente na minha infância e me ensinou todos os valores que carrego comigo na minha vida e no meu caráter. Também gostaria de agradecer ao meu pai, José de Nasaré Viegas das Neves, que tanto trabalhou e se esforçou para me dar a melhor educação possível e para que nada faltasse para na minha vida e da minha família. Gostaria de agradecer também ao meu irmão Emerson Esdra Costa de Freitas, o qual cresceu comigo e sempre me incentivou, me animou, acreditou em mim e foi o meu melhor amigo, fazendo o possível e o impossível para me proteger e fazer com que eu tivesse uma infância alegre e feliz.

Gratidão especial a minha orientadora Prof. Me. Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira, que tanto me ajudou para ter calma, paciência e dedicação para a realização deste trabalho. A sua dedicação é excepcional.

Ao restante família, tios e primos. Em especial a minha tia Sônia que me buscava na escola e me deixava em casa e durante toda a minha vida foi a minha segunda mãe. Queria agradecer também ao meu tio Bento que sempre que vinha a nossa casa buscava trazer algo da sua padaria no interior do estado fazendo com que lembrássemos das origens da família. Gostaria de agradecer também aos meus primos, em especial Larissa Costa que sempre foi mais próxima a mim e que é como uma irmã para mim. Agradecer a Pedro Eduardo que é um primo, mas que para mim é um irmão mais novo. Queria agradecer também a minhas primas Yasmin e Giovanna que sempre me deram carinho quando eu ia as visitas, bem como a minha madrinha Regina que também cuidava de mim ao ir a sua casa.

Ademais, gostaria de agradecer também a minha tia Selma, que sempre me tratou com muito carinho e me estimulava a estudar. Queria também agradecer a minha falecida Avó Maria de Lourdes que desde criança me ensinava a importância do estudo e da sua dedicação. Ao meu primo Matheus Neves que em vários momentos conversava comigo e me ajudava a relaxar e ter uma conversa sobre futebol.

Gostaria de agradecer a minha namorada Amanda Leão que esteve comigo nos momentos mais difíceis da minha vida, me dando força e coragem para seguir, enfrentando todas as adversidades e me dizendo que eu era capaz e me ajudando também no meu amadurecimento e me ensinando o que é amar e o que é ser amado. Quero junto com ela construir minha família e buscar a santidade ao seu lado.

Gostaria de agradecer aos meus amigos da igreja, que sempre estiveram comigo e acreditaram em mim em momentos que nem eu mesmo acreditava. Em especial ao meu melhor amigo Maurício, que em vários momentos que eu não estava bem, conversava comigo e me ajudava a levar uma vida mais leve e que sempre tinha um amigo para todas as situações. Gostaria de agradecer também a minha melhor amiga Amanda Marques que também esteve comigo em vários momentos complicados e me ajudando a estar no chão.

Queria agradecer também a Domingos, Renato, Ailton, Matheus, João Lucas, João Pedro, pela amizade comigo e todos os momentos de descontração que tivemos. Gostaria de agradecer aos meus amigos da comunidade católica Shalom, em especial ao do meu grupo de oração Ruhamah: Bianca, Bia, Maria, Wemerson, Emília, Andressa, Juliana, Claudionor, Larissa e João Pedro que estão comigo em momentos de oração e me levam para mais junto de Deus.

Aos amigos da faculdade. A Hemelly, Laís, Adriana, Gustavo, Diolly, Rodolfo, André, Fabrizio, Wallace, Edmundo, por estarem em várias batalhas ao longo do curso. Em especial aos meus amigos Emily Maria, Alexandre Serpa e Lucas Araújo que caminharam sempre juntos comigo em vários momentos e foram mais próximos em questões particulares e que partilhava minha vida com eles.

Gostaria de agradecer imensamente a empresa júnior Ágora Engenharia Júnior, que tanto contribuiu para a minha formação como profissional de Engenharia Mecânica. Neste lugar eu aprendi demais e fui muito feliz, puder formar uma família e aprender coisas que levarei para o resto da vida.

Gratidão a todos os professores que fizeram parte da minha formação anterior a faculdade e a todos os que lecionaram na minha formação de 3º grau, como os professores Carlos Ronyhelton, Adilton Cunha, Valdemar, Manuel Caro, Jorge Passinho, Rodrigo Neves, Lourival Matos, Denner, Antônio Vinícius, Yuri, Diógenes, Flávio Nunes, Jean Robert.

Ao curso de Engenharia Mecânica e sua coordenação, por zelarem por seus alunos e os liderarem para alçarem grandes voos, formando profissionais de caráter e engenheiros de valor.

A Universidade Estadual do Maranhão, por proporcionar os meios e ferramentas que formam os profissionais que compõem a nossa sociedade. Fundamental e imensurável é o impacto de tamanha instituição na qualidade e vida das pessoas que por aí passam.

A Gerência de Manutenção da Empresa Maranhense de Administração Portuária que me ajudou demais na elaboração do este trabalho, me dando todas as ferramentas para sua execução e também todo o conhecimento para sua elaboração. Agradecimento especial ao gerente Marco Aurélio, aos coordenadores Charles Elier, Ferdinand, Charles Duailibe, aos engenheiros Hugo Camapum, Márcio Bahia e a todos os meus colegas estagiários que tanto contribuíram para essa minha jornada.

Epígrafe

“Busquem, portanto, em primeiro lugar o Reino de Deus e a sua justiça, e todas essas coisas serão acrescentadas. Por isso, não se preocupem com o amanhã, pois o amanhã trará as suas próprias preocupações. Para cada dia bastam as suas dificuldades”.

Mateus 6.33-34

RESUMO

Os equipamentos de operação, medição e controle são de fundamental importância na indústria, sendo que a falha em um deles pode acarretar em grandes prejuízos. Sendo assim, a oportunidade de trabalhar com um estudo de caso que abordaria assuntos de manutenção que envolveria três áreas de engenharia. Assim, este trabalho visa trazer questões de um *overhaul* que é um planejamento programado de parada de equipamento visando solucionar problemáticas que se apresentavam na balança rodoviária nº1 do Terminal do Porto do Itaqui, por meio da gestão de manutenção juntamente com a equipe de operação do Terminal. Além disso, busca-se analisar o tipo de corrosão que se apresentava na chapa metálica, o novo checklist de preventiva mensal que é aplicado atualmente pela Gerência de Manutenção da Empresa Maranhense de Administração Portuária que faz parte integrante da Diretoria de Engenharia e Manutenção e observar a queda da solicitação de serviços de manutenção corretiva. Mas também aborda os resultados obtidos que foram a redução da solicitação de manutenção corretiva em 97% e a aprovação pelo INMETRO da balança rodoviária nº1.

Palavras-chaves: *Balança Rodoviária, Corrosão, Manutenção, Overhaul.*

ABSTRACT

The operation, measurement and control equipments are of fundamental importance in the industry, and the failure of one of them can result in great losses. Thus, the opportunity to work with a case study that would address maintenance issues that would involve three areas of engineering. Thus, this work aims to raise issues of an overhaul, which is a scheduled planning of equipment shutdown in order to solve problems that presented themselves in the scale number 1 of the Port of Itaqui Terminal, through the maintenance management together with the Terminal operation team . In addition, it seeks to analyze the type of corrosion that appeared on the metal sheet, the new monthly preventive checklist that is currently applied by the Maintenance Management of the Maranhense Port Administration Company, which is an integral part of the Engineering and Maintenance Board, and observe the drop in the request for corrective maintenance services. But it also addresses the results obtained, which were the reduction of corrective maintenance requests by 97% and the approval by INMETRO of road scale n°1.

Key-words: *Road Scale, Corrosion, Maintenance, energy harvesters.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 Evolução da Manutenção a partir da década de 1985(Viana, 2002)	22
Figura 2.2 Corrosão em uma tubulação industrial exposta às condições climáticas(LATTMANN,2020).....	28
Figura 2.3 Corrosão Uniforme(GENTIL, 2011).....	31
Figura 2.4 Corrosão em Placas(GENTIL, 2011).....	32
Figura 2.5 Corrosão Alveolar(GENTIL, 2011).....	32
Figura 2.6 Corrosão Puntiforme(GENTIL, 2011).....	33
Figura 2.7 Corrosão Intergranular(BATISTA E OLIVEIRA, 2015)	34
Figura 2.8 Corrosão Transgranular(GENTIL, 2011)	34
Figura 2.9 Corrosão Filiforme(GENTIL, 2011).....	35
Figura 2.10 Corrosão por Esfoliação(GENTIL, 2011).	35
Figura 2.11 Ferro Fundido que sofreu Corrosão Gráfica(GENTIL, 2011).....	36
Figura 2.12 Tubo de Latão Dezincificado(GENTIL, 2011).....	37
Figura 2.13 Corrosão Empolamento de Hidrogênio (GENTIL, 2011)	37
Figura 2.14 Corrosão em torno de Cordão de Solda (GENTIL, 2011).....	38
Figura 3.1 Corte transversal. Esquema de montagem de Balança Rodoviária nº 1 - Área Primária (EMAP, 2000)	44
Figura 3.2 Relação de causa e efeito entre patologias distintas no equipamento(Autor, 2021).....	45
Figura 3.3 Balança Rodoviária nº 1 apresentando dificuldade de acesso inferior(Autor, 2021)....	46
Figura 3.4 Piso da balança nº 1 após retirada das pedras e limpeza. Fonte: Autor (2021).....	47
Figura 3.5 Balança nº1 apresentando corrosão na estrutura metálica e na pedra de concreto. (Autor, 2021).....	48
Figura 3.6 Célula de carga com corrosão (Autor, 2021).....	48
Figura 3.7 Eletrodutos expostos na balança antes do processo de revisão. (Autor, 2021)	49
Figura 3.8 Balanças Rodoviárias da Área Primária do Porto do Itaqui antes das reformas. (Autor, 2021).....	52
Figura 3.9 Balança Rodoviária nº 1 da Área Primária do Porto do Itaqui antes da parada programada. (Autor, 2021).....	52
Figura 3.10 Plano de Rigging de movimentação das pedras da Balança n 1. (Autor,2021).....	53
Figura 3.11 Içamento de pedra da balança. (Autor, 2021).....	53
Figura 3.12 Limpeza de piso da balança nº 1 (Autor, 2021)	54
Figura 3.13 Lixamento das estruturas metálicas das pedras da balança (Autor, 2021)	55

Figura 3.14 Lixamento das estruturas metálicas das pedras da balança (Autor, 2021)	55
Figura 3.15 Demolição de piso para embutimento de instalações elétricas (Autor, 2021).....	56
Figura 3.16 Execução de sistema de drenagem na balança nº 1 (Autor, 2021).....	57
Figura 3.17 Pintura da Balança Rodoviária nº1 (Autor, 2021)	58
Figura 3.18 Pintura da Balança Rodoviária nº1 (Autor, 2021)	58
Figura 4.1 Balança rodoviária após recuperação (Autor, 2021)	60
Figura 4.2 Balança rodoviária após recuperação (Autor, 2021)	60
Figura 4.3a Certificação 2021 aprovada pelo INMETRO da Balança Rodoviária nº1 (Autor, 2021)	61
Figura 4.3b Certificação 2021 aprovada pelo INMETRO da Balança Rodoviária nº1 (Autor, 2021)	62
Figura 4.4 Gráfico da Incidência de Manutenções Corretivas por Área de Engenharia. Fonte: Autor (2021).....	63
Figura 4.5 Gráfico da Incidência de Manutenções Corretivas por Área de Engenharia após o processo de overhaul. Fonte: Autor (2021).....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Classes de agressividade ambiental (Fonte: NBR 6118, 2004).....	29
Tabela 2.2 Relação dos termos das reações de Oxirredução com o número de oxidação do elemento e do ganho e perda de elétrons.(Adaptado do Gentil, 2011)	42
Tabela 3.1 Planejamento de intervenção da Balança Rodoviária n° 1 (Autor, 2021).....	50
Tabela 4.1 Ocorrência de Manutenções Corretivas por Área de Engenharia (Autor, 2021)	62

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

H – Hidrogênio

Cl – Cloro

Fe – Ferro

FMEA – Failure Mode and Effects Analysis – Análise de Modos de Falhas e Efeitos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1.	Contexto	18
1.2.	Motivação.....	19
1.3.	Objetivos	20
1.3.1.	Geral	20
1.3.2.	Específicos.....	20
2	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	21
2.1.	Manutenção	21
2.1.1	Conceito de Manutenção.....	22
2.1.2.	Parada Programada para Manutenção	24
2.1.3.	Tipos de Manutenção	25
2.1.3.1	Manutenção Corretiva	25
2.1.3.2	Manutenção Preventiva.....	26
2.1.3.3	Manutenção Preditiva.....	27
2.2.	Corrosão	28
2.2.1.	Formas de Corrosão	30
2.2.1.1	Uniforme	31
2.2.1.2	Por Placas	32
2.2.1.3	Alveolar.....	32
2.2.1.4	Puntiforme.....	33
2.2.1.5	Intergranular	33
2.2.1.6	Transgranular	34
2.2.1.7	Filiforme.....	35
2.2.1.8	Por Esfoliação	35
2.2.1.9	Grafítica.....	36
2.2.1.10	Dezincificação.....	36
2.2.1.11	Empolamento de Hidrogênio	37
2.2.1.12	Em torno de Cordão de Solda	38
2.2.2.	Tipos de Corrosão	38
2.2.2.1.	Corrosão Química	39
2.2.2.2.	Corrosão Eletroquímica.....	39
2.2.2.3.	Corrosão Eletrolítica	40

2.2.3. Oxidação - Redução	40
2.2.3.1. Reações de Oxirredução	41
3 ESTUDO DE CASO – BALANÇA RODOVIÁRIA N° 1 – PORTO DO ITAQUI.....	43
3.1. Situação Anterior da Balança	43
3.2. Processo de Overhaul	51
3.2.1. Plano de Içamento	51
3.2.2. Limpeza do piso da Balança Rodoviária nº1	54
3.2.3. Corte, lixamento e tratamento de chapa estrutural metálica das pedras da balança.....	54
3.2.4. Escavação para passagem de infraestrutura elétrica e de dados.....	56
3.2.5. Execução de sistema de drenagem para águas pluviais	56
3.2.6. Reinstalação das pedras recuperadas, pintura das bases das células de carga, execução das barreiras de contenção lateral e pintura do equipamento	57
3.3. Entrega do equipamento.....	59
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
5 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	66
ANEXOS	67

1 INTRODUÇÃO

As balanças são equipamentos utilizados para medição de massa de um objeto. Assim, existem tipos de balanças específicas para cada tamanho de objeto, que tem a sua aplicação nos mais variados fins comerciais. Elas são (SCHNEIDER, 2012):

- a) Balança Analítica;
- b) Balança de Precisão;
- c) Balança Industrial;
- d) Antropométrica;
- e) Balança Rodoviária;

A balança analítica é um equipamento bem preciso que pesa massas bem pequenas. A balança de precisão tem características similares a analítica, porém ela tem uma fabricação e operação mais simples. Já a balança industrial é utilizada para cargas maiores e é utilizada na indústria. A balança antropométrica é utilizada na pesagem de pessoas e é encontrada em farmácias, hospitais, clínicas e academias (SCHNEIDER, 2012).

A balança rodoviária é utilizada para pesagem de cargas muito grandes, que estão em caminhões. Elas são encontradas em rodovias, terminais portuários, áreas de mineração e terminais de cargas (SCHNEIDER, 2012).

As balanças são constituídas de célula de carga, chapas metálicas, blocos de concreto, cancelas, semáforos, câmera filmadora, display remoto, sistema RFID (Transponder), indicador digital, software de pesagem. (SIAMAC)

1.1. Contexto

No ano de 2021 foi realizada uma aferição pelo Inmetro, na balança rodoviária do Terminal do Porto do Itaqui sobre responsabilidade da Empresa Maranhense de Administração Portuária, a qual foi reprovada. Com isso, fez-se necessário realizar um projeto para resolver os itens desaprovados.

Então, foi-se idealizado um *Overhaul* para que fossem realizadas ações que tivessem o objetivo de solucionar as problemáticas encontradas pela aferição realizada,

que prejudicava as pesagens feitas pelo setor de operação do Terminal do Porto do Itaqui.

1.2. Motivação

A seleção desta problemática para efeito de trabalho de conclusão de curso foi por causa que este é um equipamento mecânico que envolve três áreas de engenharia: mecânica, civil e elétrica. Ele é de grande oportunidade para ampliação de conhecimento e implementação de inovações que visem criar benefícios para o Terminal do Porto do Itaqui.

Assim, este trabalho científico será dividido em duas vertentes principais: uma vertente de revisão bibliográfica e outra de estudo de caso, com a análise e apreciação dos resultados obtidos.

Inicialmente, alguns conceitos básicos sobre manutenção serão explanados: Em um primeiro momento, como forma de melhor situar o leitor no tema deste trabalho científico, será feita uma revisão sobre o histórico da manutenção, modalidades de manutenção (manutenção corretiva, preventiva, preditiva), estágios da manutenção nas corporações (planejamento e controle da manutenção, análise de confiabilidade e análise de falhas). Posteriormente, serão apresentados conceitos sobre uma das principais patologias presentes nos materiais mais amplamente utilizados nos ativos que devem sofrer manutenção: o fenômeno da corrosão. Serão abordados os processos físicos e químicos desta patologia, bem como os tipos de corrosão.

A segunda parte deste trabalho científico será encarregada de apresentar um estudo de caso acerca de um processo de *Overhaul* (revisão) de um equipamento utilizado nas operações do Porto do Itaqui, localizado em São Luís, MA. Trata-se de uma das quatro balanças rodoviárias localizadas na Área Primária do Porto do Itaqui, utilizada para aferição do peso das cargas transportadas nos caminhões, utilizadas como elemento multimodal para escoamento de cargas transportadas via modal hidroviário.

1.3. Objetivos

1.3.1. Geral

O objetivo principal deste trabalho é buscar solucionar os problemas identificados na balança, por meio de técnicas de engenharia e a aplicação de técnicas de gestão de manutenção que visem reduzir a probabilidade de que se tenha novos problemas no equipamento em específico.

1.3.2. Específicos

- Verificar a bibliografia, visando maior conhecimento sobre a gestão de manutenção;
- Verificar a aplicação de um novo plano de manutenção preventiva na Balança nº1 do Terminal do Porto do Itaqui;
- Verificar o tipo de corrosão que ocorreu nas chapas metálicas da balança rodoviária;
- Redução da solicitação de manutenção corretiva;

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 Manutenção

A palavra manutenção é derivada do latim *manus tenere* que tem o significado de manter o que se tem. Nesse sentido, mesmo antes do desenvolvimento das máquinas, impulsionadas pela revolução industrial, existiam modos de se manter os instrumentos de produção, que antes era mais rural como as facas (VIANA, 2002).

Nesse contexto, como mencionado no parágrafo acima, a Revolução Industrial proporcionou um grande desenvolvimento tecnológico que gerou um grande aumento na produção de bens de consumo. Para essa produção se manter e/ou crescer, eram desenvolvidos equipamentos que se tornavam cada vez mais sofisticados, que geravam uma necessidade maior para se manterem, o que ocasionou no desenvolvimento de técnicas que visavam o tempo e os custos que seriam necessários para se manter o funcionamento das máquinas, sem prejudicar a produção (NETO, SCARPIM, 2014).

Assim, o investimento nas universidades para a formação de profissionais especializados em manutenção é de fundamental importância, pois com a sofisticação dos equipamentos, a necessidade de conhecimento aumentou e esse fomento pode ocorrer por meio de pesquisas que elaborem de novas técnicas de produtividade para serem aplicadas na indústria.

Nesse contexto, no século XX, surgiram técnicas de planejamento de serviço que visavam esse aumento de produtividade como o Taylorismo, que basicamente tornava o processo produtivo mais ágil pelas subdivisões de funções que facilitavam a execuções de tarefas e reduzia o tempo utilizado nela (PINTO, 2010).

Porém, com o surgimento da Segunda Guerra Mundial, a manutenção tomou uma proporção maior de importância, visto que nesse período houve um grande desenvolvimento de técnicas de organização, planejamento e controle para tomada de ações (NETO, SCARPIM, 2014).

Assim, juntamente com a evolução tecnológica do século XX, principalmente após os anos 1950, o consumo dos bens subiu. Desse modo, para que se atenda a essa “demanda”, Viana (2002) afirma que “é preciso que seus meios de produção se armem

de tecnologia de ponta, excelentes recursos humanos, programas consistentes de qualidade, produtos competitivos e também um eficaz plano de manutenção dos instrumentos de produção”.

Nesse cenário, o Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) é de fundamental importância, visto que ele mantém organizada as ações visando sempre obter o modo mais eficiente de se manter os equipamentos atrelado ao controle de custos.

Na Figura 2.1, podemos visualizar a evolução da manutenção, bem como suas técnicas e meios de referência, que são divididas em tempo e condições.

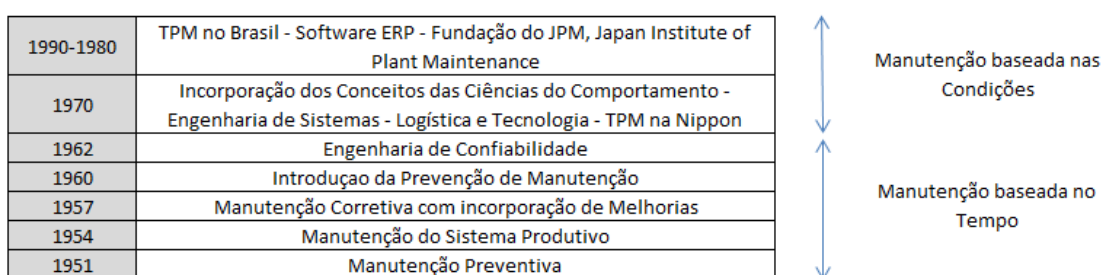


Figura 2.1 - Evolução da Manutenção a partir da década de 1950. (Viana, 2002).

Desse modo, o desenvolvimento de técnicas e o surgimento de uma engenharia específica de confiabilidade, auxilia em muito a melhoria da capacidade de funcionamento das máquinas que interfere na definição do custo e da qualidade dos bens de consumo. Assim, a manutenção não deve ficar limitada a resolver problemas diários, mas sim buscar meios de constante evolução visando aumentar a produtividade e uma situação de não haver paradas e/ou defeitos. Assim, o PCM é apresentado como um dos meios de evolução do processo.

2.1.1 Conceitos de Manutenção

Existem vários conceitos de manutenção que são aplicados na indústria com o objetivo de manter a produtividade e “vida útil” dos equipamentos. Sendo assim, podemos listar as seguintes (VIANA, 2002):

- a) Falha

- b) Defeito
- c) Defeito Crítico
- d) Confiabilidade
- e) Tag
- f) FMEA
- g) Manutenibilidade
- h) Ordem de Serviço
- i) Pane
- j) Reparo
- k) Hora Homem (HH)

Destacando cada item, a falha, segundo a NBR 5462 (1994, p.3) , é “Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida. Depois da falha o item tem uma pane”.

Do modo das análises, existem duas classificações de falha, que são as identificáveis e não-identificáveis. A primeira é o tipo de falha que é determinada a um erro ou defeito de um projeto ou da sua fabricação. Já na situação da segunda classificação, se dá pela exposição do equipamento a um esforço, tensão operacional ou tensão estrutural superior a determinada em projeto (NEPOMUCENO, 1989).

Ademais, a NBR 5462 (1994, p.3) afirma que o defeito é “qualquer desvio de uma característica de um item em relação a seus requisitos” . Além disso, ela também afirma que o defeito crítico é o “defeito que provavelmente resultará em uma falha ou resultará em condições perigosas e inseguras para pessoas, danos materiais significativos ou outras consequências inaceitáveis”.

Adiante, a confiabilidade é a probabilidade de um equipamento manter-se em operação, por um período de tempo sem que ele venha a apresentar falhas, através de critérios rigorosos de qualidade (MOSCHIN, 2015).

O tag é um termo o local que ocupa um equipamento ou um conjunto de equipamentos. Também pode ser explicado como o endereço físico do equipamento ou conjunto de equipamentos (VIANA, 2002).

FMEA (failure mode and effects analysis – Análise de Modos de Falhas e Efeitos) é uma ferramenta que visa garantir a qualidade por meio de técnicas de confiabilidade como a análise de modos e efeitos de falhas (FOGLIATO e RIBEIRO , 2009).

Existem 4 tipos de FMEA, que são: de produto que podem acontecer de acordo com as especificações do projeto, de processo que podem ser da análise de falhas no

planejamento e da sua execução, de serviço que visa prevenir o acontecimento de falhas durante a produção do serviço e de sistema que é através do desing de um produto no período da sua produção (SELEME, 2015).

A manutenibilidade, segundo Nepomuceno (1989), é a capacidade de um equipamento de manter o seu funcionamento e atingindo assim as suas funcionalidades para as quais ele foi projetado, visando manter-se por uma vida útil com o mínimo de custo e trabalho.

A ordem de serviço pode ser definida como um documento que determina o serviço, a mão de obra, o equipamento e o tempo necessário para execução da manutenção (VIANA, 2002).

No item i, a pane é uma situação que o equipamento sofreu uma falha, parando assim sua operação (NBR 5462,1994).

Do item m, o reparo é uma ação de retorno de um equipamento a uma condição mínima de trabalho, a fim de que ele volte a funcionar, por meio de substituição ou reposição de peças que estejam danificadas (VIANA, 2002).

O item k, que destaca a Hora Homem, pode ser definida a hora de execução de trabalho do especialista da manutenção (VIANA, 2002).

2.1.2 Parada Programada para Manutenção

Certos equipamentos apresentam corriqueiramente falhas que por conseguinte prejudica na produtividade. Nessa situação deve-se realizar um planejamento de uma parada do item para que se possa realizar uma manutenção mais geral, a fim de solucionar a periodicidade de problemas. As paradas tem que ter uma organização definida, o tempo estabelecido e uma organização com os outros setores da empresa (MOSCHIN, 2015).

A parada é utilizada em situações de execução de *overhaul*, que é uma revisão do equipamento que passará por uma manutenção geral. Existem alguns tipos de parada, como evidencia Moschin (2015):

- a) Parada Programada Geral;
- b) Parada Programada Parcial;
- c) Parada Não Programada;

A parada programada geral é quando um equipamento terá sua operação totalmente paralisa por um período de tempo estabelecido, visando realizar os serviços de manutenção e também os projetos de melhorias (MOSCHIN, 2015).

A parada programada parcial é quando um equipamento terá sua operação parcialmente paralisada, tendo que uma parte do equipamento ainda estará em funcionamento, visando, assim como a parada geral, executar todos os serviços de manutenção e melhorias (MOSCHIN, 2015).

A parada não programada é toda parada que acontece por ter ocorrido uma falha no equipamento que obrigou a ser realizada uma manutenção corretiva (MOSCHIN, 2015).

2.1.3 Tipos de Manutenção

Nas situações do cotidiano de manutenção, existem tipos que vão caracterizar as suas aplicações. As empresas estão cada vez mais investindo em profissionais especializados em manutenções. Equipes responsáveis por esse setor só têm crescido e com isso realizar todos os planos de gestão de manutenção, como o PCM e FMEA. Nesse sentido, elas têm a missão de analisar e executar os planos e indicações de manutenções que vem nos manuais dos equipamentos (ALMEIDA, 2014).

As manutenções por ocasião, planejadas, são conhecidas, respectivamente, como:

- a) Manutenção Preventiva
- b) Manutenção Corretiva

Além dessas, existe um tipo de manutenção também executadas nas empresas:

- c) Manutenção Preditiva

2.1.3.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva, segundo a NBR 5462 é definida como manutenção realizada após o acontecimento de uma pane que visa reestabelecer o funcionamento do equipamento. Ela é executada na situação de se evitar graves consequências como a

segurança do próprio equipamento, ao meio ambiente e a segurança dos operadores. Ela pode ser emergencial ou programada, porém essas classificações dependerão da estratégia da gestão de manutenção, que já este tipo de manutenção possui um elevado custo e um tempo de execução alto. Além disso, a menos desejada de ser realizada, mesmo que o investimento para ela seja baixo.

2.1.3.2 Manutenção Preventiva

Ademais, de acordo com a NRB 5462 (1994, p. 4), a manutenção preventiva é “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

Este tipo de manutenção tem por finalidade prevenir falhas, panes, quebras e paradas. Para este fim são realizadas inspeções, limpezas, reaperto, troca de itens dos equipamentos, lubrificação e ajustes. Além disso, ela também busca aumentar o índice de confiabilidade dos equipamentos (ALMEIDA, 2014).

A sua aplicação é gerenciada por meio de um plano de manutenção que determina a periodicidade das realizações de manutenção nos equipamentos. Essa periodicidade pode ser pelo tempo, à quilometragem e à produtividade. Cada situação depende do tipo de equipamento e sua funcionalidade (VIANA, 2002).

Assim, é necessário que haja um planejamento da equipe de manutenção, através da verificação de normas e orientações dos fabricantes dos equipamentos para a elaboração de um plano preventivo que seja eficaz para se realizar do melhor modo a manutenção preventiva.

Desse modo, segundo Viana (2002), um plano de manutenção preventivo consiste em um conjunto de atividades, regularmente executadas com o objetivo de manter o equipamento em seu melhor estado operacional, podendo dividi-lo em conteúdo e forma a serem aplicadas. O conteúdo, deve conter as ações a serem realizadas, bem como as ferramentas, instrumentos, a quantidade de mão de obra e o tempo necessário para sua realização. Já o formato do plano, deve ser organizado com as informações necessárias a serem preenchidas corretamente, a fim de proporcionar uma melhor gestão de manutenção.

Nesse cenário, este tipo de manutenção apresenta um custo elevado devido a necessidade de se ter uma mão de obra ser mais qualificada e também de maior quantidade, um estoque mínimo de peças reposição e insumos e também contabilização das horas paradas dos equipamentos para a execução da manutenção. O investimento não chega ser tão elevado, porém já é maior que a corretiva, pois há o investimento na capacitação técnica e compra de novas ferramentas. Além disso, o tempo de execução das preventivas é menor em comparação as corretivas, devido que nestas o tempo é controlado, sendo já determinado no plano de manutenção (ALMEIDA, 2014).

2.1.3.3 Manutenção Preditiva

Na situação das manutenções preditivas, é o tipo de manutenção que visa manter a qualidade do equipamento por meio de técnicas de análise periódicas, usando de fenômenos como vibração, temperatura. O objetivo desta manutenção é evitar a manutenção corretiva e diminuir ao mínimo a manutenção preventiva (NRB 5462, 1994).

Este tipo de manutenção tem como princípio a realização de sistemática de técnicas de análise, a fim de “prever” a situação do equipamento e identificar falhas que poderiam acontecer e que ainda não o prejudicam. Identificada a falha, realiza-se um planejamento para que ela não ocorra. Ou seja, em tese realizam-se testes que por meio deles são determinadas a vida útil de equipamento (ALMEIDA, 2014).

Os custos deste tipo de manutenção são menores em comparação à corretiva e preventiva. Entretanto, o seu investimento é muito maior, visto que existe a necessitasse de aparelhos de análises mais sofisticados e também ter uma equipe para realizar as ações preditivas (VIANA, 2002).

2.2 Corrosão

A indústria atual trabalha com os mais variados tipos de materiais, sejam eles metálicos ou não-metálicos. Nessas matérias ocorre um fenômeno chamado de corrosão que acontece naturalmente, de modo espontâneo em equipamentos como em tubulações que podemos ver na Figura 2.2 (LATTMANN, 2020).

Existem vários tipos de materiais, e alguns sendo considerados mais resistentes, porém esse conceito de resistência depende de um meio específico, em que pode ser corroído ou não. Assim, para efeito de seleção do material é necessário um conjunto de material metálico, meio corrosivo e condições operacionais (GENTIL, 2011).



Figura 2.2: Corrosão em uma tubulação industrial exposta às condições climáticas (LATTMANN, 2020)

Assim, a corrosão é definida como a degradação de um material, que na grande maioria dos casos é metálico, ocorre por meio da ação química ou eletroquímica do meio o qual ele está inserido, podendo estar ou não tensionado a esforços mecânicos. A degeneração do material é um elemento indesejado, pois irá causar modificações estruturais e alterações nas características deles, fazendo com que a sua aplicação torne-se arriscada, pois está mais suscetível a falha (LATTMANN, 2020).

Entre problemáticas causadas pela corrosão estão:

- a) Degradação gradual do material;
- b) Comprometimento da segurança na utilização do produto;
- c) Diminuição da vida útil do produto;
- d) Aumento do custo com a manutenção e troca de peças;
- e) Perigo a saúde;

f) Perigo ao meio ambiente;

Na situação dos metais, a corrosão altera as suas propriedades, como durabilidade, tenacidade, entre outros. Assim, a proteção e o cuidado com eles são de fundamental importância para não prejudicar o equipamento que ele faz parte da estrutura (CALLISTER, 2017).

Adiante, os materiais não metálicos, como borracha, concreto, polímeros e madeira, também sofrem corrosão. Cada um perde uma propriedade importante, como elasticidade para a borracha, a deterioração da madeira, deterioração do concreto (GENTIL, 2011).

Como o grau corrosão depende do meio em que o material está inserido, é de fundamental importância levá-lo em consideração na seleção da estrutura. Nesse contexto, pegando como o exemplo o concreto, no item 6.4 da NBR 6118, encontramos as classes de agressividade ambiental, o qual podemos ver na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Classes de agressividade ambiental (Fonte: NBR 6118, 2004)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

Observa-se a classificação de agressividade, bem como o risco de deterioração da estrutura. Essas informações são fundamental importância principalmente para a manutenção delas, já que caso a estrutura não mantenha suas propriedades naturais, o custo para mantê-las será elevado demais, e isso é levado em consideração na elaboração do orçamento de compra de um equipamento ou realização de alguma obra e/ou serviço.

Dessa forma, o seu estudo é de grande importância para que se possa ter um melhor controle de manutenção e os seus custos. Assim, segundo Gentil (2011) existem

duas classificações para perdas econômicas ocasionadas por corrosão que são a direta e indireta.

As perdas diretas são os custos com as trocas de peças ou itens que passaram pelo processo de corrosão, mão de obra e manutenção das proteções anticorrosivas. Já as perdas indiretas não são tão simples de serem avaliadas, pois tem-se uma complexidade maior de serem quantificadas. Alguns exemplos são as paralisações acidentais que ocorrem por necessidade de limpeza de caldeias, substituições de tubulação corroída, entre outros. Um outro exemplo é a perda de produto por causa da corrosão de alguma tubulação que deixa vazar um fluido, como ar, água, óleo. Ademais, tem também a perda por eficiência que pode ser pela redução do calor transferido por meio de produtos de corrosão em trocadores de calor, a contaminação de produtos que passariam por isso por causa da degradação de um material e seu consequente contágio com o produto (GENTIL, 2011).

Nesse contexto, o conhecimento por parte de empresas do processo de corrosão e também da seleção dos materiais ideais a serem utilizados em determinados locais é de suma importância, pois isto irá implicar nos custos de operação e consequente lucro da empresa. Além disso, ela também é importante para algumas outras situações como questões de segurança, interrupções de comunicações e preservação de monumentos históricos. A primeira situação está diretamente ligada a vidas, que podem correr sério risco em uma situações de falha catastrófica em um meio e vias de transporte como carro, avião, trem, pontes e estradas. A segunda situação implicaria nas situações em que um sistema físico de transporte de informação como cabos eletrônicos e centrais de comando estivesse deteriorado por corrosão. A terceira situação se dá em decorrência do aumento da poluição atmosférica causada pela industrialização e urbanização que altera o meio e gera degradação de prédios, estátuas e outros itens que possuem um valor histórico para a sociedade (GENTIL, 2011).

2.2.1 Formas de Corrosão

A corrosão apresenta variadas formas, que devem ser bem compreendidas para análise de estudo. Elas podem ser caracterizadas quanto a aparência e as mais variadas causadoras de corrosão. Abaixo estão apresentadas as características fundamentais das diferentes formas de corrosão, segundo Tolentino(2019), que são:

- a) Uniforme;

- b) Por Placas;
- c) Alveolar;
- d) Puntiforme;
- e) Intergranular;
- f) Intragranular;
- g) Filiforme;
- h) Por Esfoliação;
- i) Grafítica;
- j) Dezincificação;
- k) Empolamento pelo Hidrogênio;
- l) Em torno de cordão de solda;

2.2.1.1 Uniforme

Esta forma de corrosão, vista na Figura 2.3, é visualizada por toda extensão da superfície do material, fazendo com que haja uma perda regular de espessura (GENTIL, 2011).

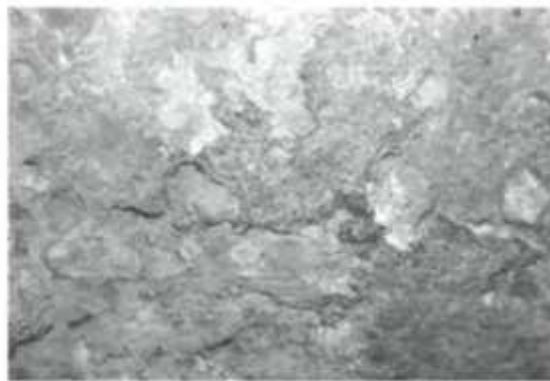


Figura 2.3: Corrosão Uniforme (GENTIL, 2011)

2.2.1.2 Por Placas

A corrosão por placas, Figura 2.4, ocorre em superfícies metálicas, porém não está presente em toda a sua extensão, mas a formação de placas com escavações em determinadas regiões do metal (TOLENTINO, 2019).

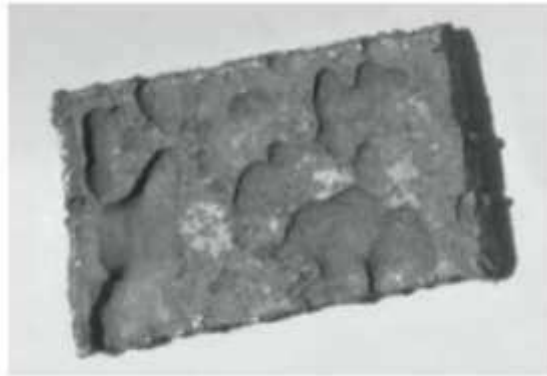


Figura 2.4: Corrosão em Placas (GENTIL, 2011)

2.2.1.3 Alveolar

A forma de corrosão alveolar, Figura 2.5, ocorre na superfície do metal fabricando sulcos ou escavações similares a alvéolos, que apresentam profundidade arredondada que é comumente menor que o seu diâmetro (GENTIL, 2011).



Figura 2.5: Corrosão Alveolar (GENTIL, 2011)

2.2.1.4 Puntiforme

A forma de corrosão puntiforme, Figura 2.6, que também pode ser conhecida como pite é mais agressiva e mais complicada de se detectar devido ao tamanho dela ser bem pequeno. Ela se forma na superfície dos metais com o formato de cavidades que apresentando como característica um fundo em forma angulosa e a sua profundidade normalmente é superior a do seu diâmetro (TOLENTINO, 2019).



Figura 2.6: Corrosão Puntiforme (GENTIL, 2011)

2.2.1.5 Intergranular

A forma de corrosão intergranular, Figura 2.7, acontece em entre os grãos cristalinos dos metais, em que geralmente são causadas por impurezas que alteram as propriedades mecânicas do material e assim podendo causar fratura se sofrer esforços mecânicos, o que causaria então a corrosão sob tensão fraturante (GENTIL, 2011).

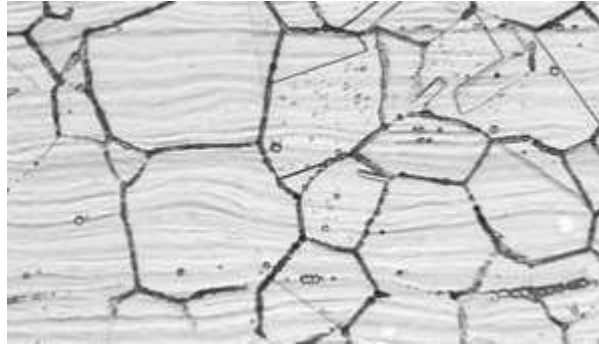


Figura 2.7: Corrosão Intergranular (BATISTA e OLIVEIRA, 2015)

2.2.1.6 Transgranular

A forma de corrosão transgranular, Figura 2.8, acontece nos grãos da rede cristalina dos metais, que causam a perda das suas propriedades mecânicas que conseqüentemente poderá fraturar a um esforço mecânico, causando a mesma corrosão do intergranular: a corrosão fraturante (GENTIL, 2011).

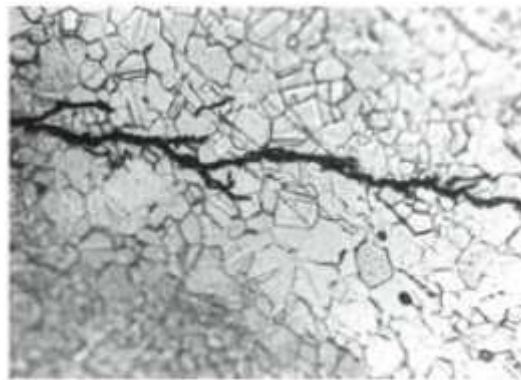


Figura 2.8: Corrosão Intragranular (GENTIL, 2011)

2.2.1.7 Filiforme

A forma de corrosão filiforme, Figura 2.9, acontece geralmente em superfícies metálicas revestidas, em localidades que existam riscos ou em arestas. Ela se materializa em forma de finos filamentos não profundo, que se propagam em diferentes direções (TOLENTINO, 2019).



Figura 2.9: Corrosão Filiforme (GENTIL, 2011)

2.2.1.8 Por Esfoliação

A forma de corrosão por esfoliação, Figura 2.10, ocorre paralelamente à superfície metálica, sendo que elas estão mais presentes em placas que foram fabricadas pela prensa do metal (GENTIL, 2011).

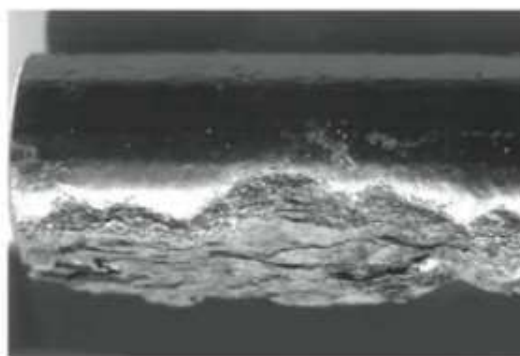


Figura 2.10: Corrosão por Esfoliação (GENTIL, 2011)

2.2.1.9 Grafítica

A forma de corrosão grafítica, é mais comum em ligas de ferro, em que o ferro sofre o processo de corrosão, ocasionando uma estrutura frágil de grafite. Esta característica de somente um material da liga sofrer corrosão faz com que esse tipo de corrosão seja considerada como corrosão seletiva (TOLENTINO, 2019).

Na Figura 2.11, observa-se um ferro fundido que sofreu uma corrosão grafítica, em que a parte escura é a corroída.



Figura 2.11: Ferro Fundido que sofreu corrosão grafítica (GENTIL, 2011)

2.2.1.10 Dezincificação

A dezincificação, é um tipo de corrosão que é encontrada em estruturas fabricadas com liga de zinco, em que o zinco sofre o processo de corrosão e o cobre mantém as suas características, o que a caracteriza, como a grafítica, como uma corrosão seletiva por atacar somente um componente da liga (TOLENTINO, 2019).

Na Figura 2.12 observa-se um trecho de um tubo de latão que sofreu dezincificação, em que as partes escuras são as que foram dezincificadas.

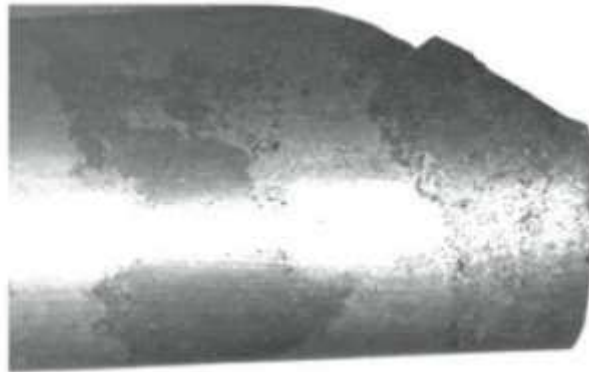


Figura 2.12: Tubo de Latão Dezincificado (GENTIL, 2011)

2.2.1.11 Empolamento de Hidrogênio

O Empolamento de Hidrogênio, Figura 2.13, tem a sua explicação que o átomo de hidrogênio entra no material metálico, e devido ao pequeno volume atômico, tem grande capacidade de penetração na estrutura cristalina do material, como em vacâncias que nelas ele irá se transformar em hidrogênio molecular (H_2), o que irá gerar bolhas que irá causar o nome de empolamento (GENTIL, 2011).

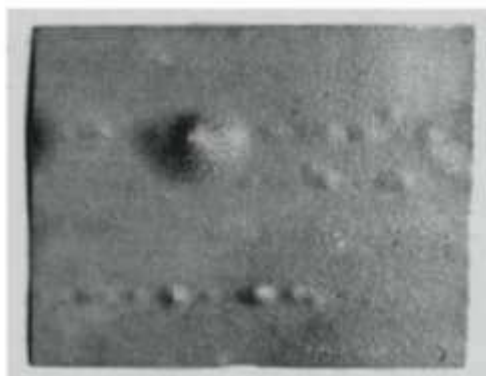


Figura 2.13: Tubo de Latão Dezincificado (GENTIL, 2011)

2.2.1.12 Em torno de Cordão de Solda

A corrosão em torno de cordão de solda, Figura 2.14, é um tipo que ocorre ao redor do cordão de solda, geralmente em aços inoxidáveis com teor de carbono superior a 0,03% (TOLENTINO, 2019).

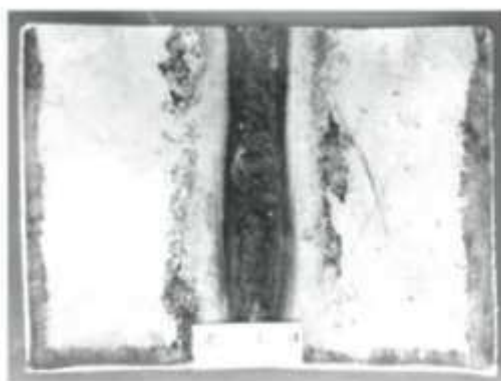


Figura 2.14: Corrosão em torno de Cordão de Solda (GENTIL, 2011)

Desse modo, pode-se apresentar corrosão segundo a sua morfologia, por causa de fatores mecânicos, meio corrosivo, mecanismos e localização do ataque (GENTIL, 2011).

2.2.2 Tipos de Corrosão

No estudo e aplicação industrial, encontra-se três tipos de corrosão, que são: (TOLENTINO, 2019)

- a) Química;
- b) Eletroquímica;
- c) Eletrolítica.

2.2.2.1 Corrosão Química

A corrosão química é um ataque químico que ocorre diretamente no material e não precisa de água. Neste tipo não há a necessidade de um agente químico e também não há a transferência de elétrons. Um exemplo é uma luva de borracha ou de plástico para lavar louça que sofre corrosão por ataque de um solvente. Na situação de metais, concreto e cerâmica, ela ocorre por conta de um ataque de um ácido, que pode vir por meio de poluição atmosférica (TOLENTINO, 2019).

Fertilizantes, tais como o sulfato de amônio, ácido fosfórico e ureia podem ser corrosivos ao aço, causando um processo de corrosão química (BORGES e SILVA, 2009 apud RODRIGUES, 2019, p. 23).

2.2.2.2 Corrosão Eletroquímica

A corrosão eletroquímica é o processo mais comum que ocorre na natureza, pois é quando o material entra em contato direto com o meio corrosivo. Existem duas formas dela ser causada. A primeira é o contato do material em contato com eletrólito, e dessa forma ser gerada uma pilha galvânica. Ocorre quando a água e o oxigênio contidos no ar reagem com o material desprotegido. A segunda forma é quando se mantem dois metais ligados por um eletrólito. Um exemplo é a colocação de uma placa de ferro e uma de cobre imersa num eletrólito neutro aerado, em que cada uma se tornará um eletrodo. O ferro, que será o ânodo, perderá elétrons para o cobre, cátodo, que será reduzido. O ânodo se desgastará e assim se dá a ferrugem (TOLENTINO, 2019).

Além disso, a água pluvial, ao entrar em contato com o solo, pode se contaminar com sais e óxidos que levem ao surgimento de corrosão eletroquímica (BORGES, SILVA, 2009 apud RODRIGUES, 2019, p. 23).

2.2.2.3 Corrosão Eletrolítica

A corrosão eletrolítica não acontece por meios naturais pois demanda da aplicação de corrente elétrica no meio. Desse modo, este tipo está mais presente em equipamentos que não possuem isolamento e/ou isolamento. Esta condição ausente corrobora na formação de correntes de fuga, formando furos nos metais enquanto ocorre fuga de corrente para o solo (TOLENTINO, 2019).

2.2.3 Oxidação – Redução

Gentil (2011) aborda três conceitos de oxirredução:

- a) Antigo;
- b) Em termos de Elétrons;
- c) Em termos de Número de Oxidação;

O conceito antigo de oxirredução se dá de que a oxidação se dá pelo ganho de oxigênio por um elemento e a redução é o oposto, no caso a remoção de oxigênio do elemento. Ele é limitado às reações que contenham oxigênio (GENTIL, 2011).

O conceito de em termos de elétrons é abordado na perspectiva que “a oxidação é a perda de elétrons por uma espécie química e redução é o ganho de elétrons por uma espécie química”. Este é diferente, tendo uma gama maior de reações pois ele não fica limitado a presença de oxigênio (GENTIL, 2011).

O conceito de oxirredução em termos de número de oxidação é definido da seguinte forma “oxidação é o aumento algébrico do número de oxidação e redução é a diminuição algébrica do número de oxidação”. Este já difere dos outros dois pois não é limitado a oxigênio e nem em elétrons, sendo desse modo mais amplo (GENTIL, 2011).

2.2.3.1 Reações de Oxirredução

As reações de oxirredução ou reações redox são as situações em que uma reação apresenta variação do número de oxidação (nox), e que em algumas situações irá representar ganho e perda de elétrons. Ademais, existe também uma similaridade com a oxirredução, no princípio de que sempre que haver oxidação, haverá também redução. Este princípio pode ser expresso por meio da situação em que um ferro, sendo atacado por ácido clorídrico, irá ter o hidrogênio despreendido, o que pode ser observado por meio desta equação química 1 (TOLENTINO, 2019).



Existem alguns termos que estão atrelados as reações de oxirredução que ajudam a compreendê-las. Estes são:

- Elemento Oxidante;
- Elemento Redutor;
- Agente Oxidante;
- Agente Redutor;

O elemento oxidante pode ser definido como o que age como redutor, visto que ele perde elétrons (TOLENTINO, 2019).

O elemento redutor é definido como o que age como oxidante, já que ele ganha elétrons (TOLENTINO, 2019).

O agente oxidante, segundo Lattmann, (2020) “é a substância que ganha elétrons”, ou seja, ele possui o elemento oxidante. Já o agente redutor, “é a substância que perde elétrons”, ou seja, ele apresenta o elemento redutor.

A Tabela 2.2 exemplifica de modo didático as relações destes termos.

Tabela 2.2 – Relação dos termos das reações de Oxirredução com o número de oxidação do elemento e do ganho e perda de elétrons.(Adaptado do Gentil, 2011)

Termo	Número de Oxidação do Elemento	Elétrons
Oxidação	Aumenta	Perda
Redução	Diminui	Ganho
Agente Oxidante	Diminui	Receptor
Agente Redutor	Aumenta	Doador
Elemento Oxidante	Diminui	Receptor
Elemento Redutor	Aumenta	Doador

3. ESTUDO DE CASO – BALANÇA RODOVIÁRIA N° 1 – PORTO DO ITAQUI.

Primeiramente, foi realizada uma avaliação do equipamento para análise das suas problemáticas e posterior detalhamento de cada ação executada, para que se obtivesse o objetivo proposto.

3.1 Situação Anterior da Balança

No primeiro momento, a análise da Balança Rodoviária n° 1, de marca Filizola, na qual se verificou que ela possui capacidade nominal de 80,00 toneladas, sendo composta por células de carga, dispostas sobre blocos em concreto armado que transmitem as cargas atuantes na estrutura (peso próprio, sobrecarga, cargas acidentais) às fundações em estaca ao solo do local.

Esta balança é composta por 3 (três) elementos pré-fabricados em concreto armado reforçado com chapa de aço 1020 e perfis tipo U de dez polegadas (10”) nas laterais. A função destes elementos pré-moldados é de receber diretamente às cargas e transmitir às células de leitura. Através de métodos numéricos obtidos pelas leis da teoria da elasticidade, é possível estimar com alta precisão as cargas atuantes nas estruturas pré-moldadas.

A largura dos elementos pré-fabricados (doravante referidos como pedras de concreto) é de três metros (3,00 m). Ao longo de toda a extensão longitudinal da superestrutura da balança rodoviária, o projeto contempla a existência de barreiras de delimitação e contenção das cargas acidentais laterais (advindas de impactos dos caminhões). Para garantir o bom funcionamento da balança, o projeto prevê ainda a existência de sistema de drenagem superficial de águas pluviais.

O corte transversal mostrando os principais elementos estruturais do equipamento em análise, é visto através da Figura 3.1:

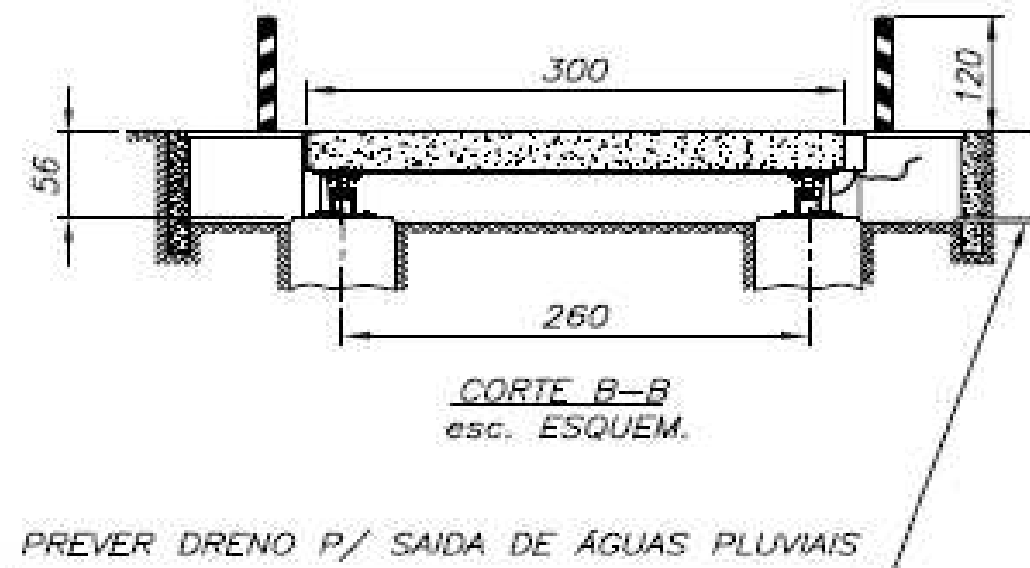


Figura 3.1 – Corte transversal. Esquema de montagem de Balança Rodoviária nº 1 - Área Primária.

Fonte: EMAP (2000).

Este equipamento, conforme especificações de projeto, foi executado e instalado no local atual há mais de 20 (vinte) anos, em 2000. Por conta disso, uma série de patologias começaram a surgir com maior frequência. Desse modo, a incidência de solicitações de manutenções corretivas só aumentavam.

As patologias que surgiam nesse equipamento ao longo dos anos, eram:

- a) Corrosão eletroquímica acentuada nas chapas e perfis metálicos dos elementos pré-fabricados em concreto armado (pedras de concreto), ocasionando perda significativa de seção;
- b) Desgaste superficial nas pedras de concreto, devido ao processo abrasivo da passagem de veículos ao longo dos anos;
- c) Corrosão nas bases das células de carga na forma uniforme, ocasionando desalinhamento do nível das pedras de concreto;
- d) Fissuras transversais nas pedras de concreto;
- e) Desagregação das extremidades dos pré-fabricados de concreto armado em função das tensões de tração anormais advindas do desalinhamento das pedras de concreto;

- f) Barreiras de contenção lateral e absorção de impactos acidentais apresentando patologias do tipo desagregação, fendas (fissuras superiores a 10,00 mm) e desgaste superficial em função do aumento de tensões não previstas em projeto, causadas pelo desalinhamento das pedras de concreto;

Portanto, percebe-se que determinada patologia em um elemento estrutural do equipamento pode ocasionar, com o passar dos anos, o surgimento de outra patologia. Em uma análise prévia, a segunda patologia poderia estar desvinculada da primeira. Contudo, ambas estão unidas por causa e efeito, conforme Figura 3.2 abaixo:

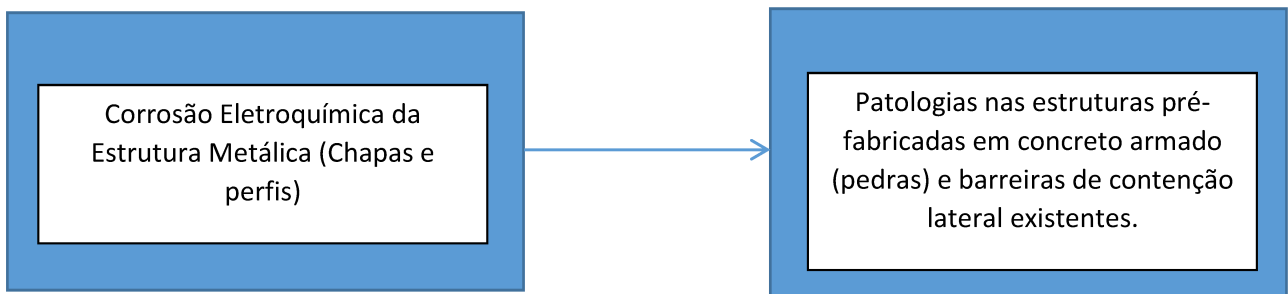


Figura 3.2 – Relação de causa e efeito entre patologias distintas no equipamento. Fonte: Autor (2021).

Além das patologias anteriormente elencadas, haviam características construtivas deste equipamento que dificultavam o acesso para a realização de manutenções preventivas. As laterais da Balança eram quase completamente isoladas por elementos de pedra argamassada, impedindo a limpeza da região entre as células de carga, conforme a Figura 3.3 demonstra.



Figura 3.3 – Balança Rodoviária nº 1 apresentando dificuldade de acesso inferior. Fonte: Autor (2021).

Outro detalhe construtivo que era responsável por este problema era o piso inferior da balança: excetuando-se os blocos em concreto armado, que recebiam as cargas do equipamento, todo o piso era constituído de pavimento intertravado sextavado em concreto simples, com juntas que permitiam o escoamento da água pelo solo (infiltração). Em situações normais, este processo de infiltração seria capaz de reduzir o coeficiente de escoamento superficial (run off) das águas pluviais. Contudo, visto que o equipamento foi instalado em uma área de solo extremamente argiloso, o coeficiente de permeabilidade do solo é extremamente baixo, o que acabava por resultar em acúmulo de água e resíduos na região abaixo das pedras de concreto e próximas da célula de carga.

Além das características intrínsecas do local (solo argiloso), o pavimento intertravado sextavado, por apresentar ranhuras – juntas de dilatação – tinha como característica o grande acúmulo de material particulado.

Soma-se a isso o fato de que o Porto do Itaquí possui, como um de seus principais produtos movimentados, o granel sólido, o que inclui a movimentação de fertilizantes. Logo, o acúmulo de água e material abaixo da balança pode ser responsável pelo surgimento de uma série de patologias, tais como a corrosão.

Nesse sentido, há a atuação conjunta de três fatores causadores de processos corrosivos: fertilizantes – decorrentes das operações portuárias e inevitáveis; sais e óxidos – presentes no solo; água – acumulada próximo das células de carga em função

de deficiências no sistema de drenagem. A seguir, a Figura 3.4 que mostra o local que apresentava grande acúmulo de água e resíduos.



Figura 3.4 – Piso da balança n° 1 após retirada das pedras e limpeza. Fonte: Autor (2021).

Cada elemento pré-moldado de concreto armado – pedra de concreto – possui uma chapa estrutural em sua parte inferior. Estas pedras, assim como a célula de carga, estavam apresentando corrosão em estado avançado. O aço estrutural apresentava perda acentuada de seção resistente, o que também foi um fator causador do desalinhamento das pedras de concreto armado, conforme Figura 3.5 e Figura 3.6 demonstram.



Figura 3.5 – Balança n° 1 apresentando corrosão na estrutura metálica e na pedra de concreto. Fonte: Autor (2021).



Figura 3.6 – Célula de carga com corrosão. Fonte: Autor (2021).

Outro problema construtivo verificado era a existência de um sistema de alimentação elétrica e de dados quase completamente formada por eletrodutos expostos, causando um grande impacto estético e dificuldade de acesso para manutenções preventivas. Além disso, havia bastante dificuldade de identificação dos circuitos elétricos do equipamento. Conforme a Figura 3.7 demonstra.



Figura 3.7 – Eletrodutos expostos na balança antes do processo de revisão. Fonte: Autor (2021)

Este equipamento recebe inspeções e auditorias periódicas pelo Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade – INMETRO. Em 2020, foi feita aferição desta balança, resultando em uma certificação com ressalvas, uma vez que o equipamento já apresentava desvios consideráveis de leitura, embora ainda dentro dos limites estabelecidos.

Em 2021, foi realizada nova aferição pelo INMETRO, que resultou em reprovação do equipamento, uma vez que as leituras estavam fora dos limites aceitáveis de tolerância, conforme figura no Anexo B. Isto se deu em função da intensificação das patologias existentes na balança (corrosão acentuada, desalinhamento das pedras de concreto, problemas elétricos, ausência de sistema de drenagem, etc.). Logo, a Gerência de Manutenção da EMAP teve pouquíssimo tempo para montar um planejamento para recuperação deste equipamento.

Inicialmente, cumpre destacar que a Área Primária do Porto do Itaquí conta com 3 (três) balanças rodoviárias, para atendimento a todas as operações multimodais que envolvem a atuação conjunta dos transportes rodoviário e hidroviário. Com uma das balanças fora dos padrões, fez-se necessário, em um primeiro momento, melhorar a automatização de leitura das cargas dos caminhões. Para tanto, foram instaladas cabines com impressora próxima do local de pesagem dos caminhões. Os motoristas, durante o processo de aferição, não precisariam sair do veículo para verificar o valor da carga do caminhão.

Logo, considerando que a produtividade média de cada balança aumentou consideravelmente com este processo de automatização, foi possível forçar uma parada programada geral no equipamento em estudo.

O primeiro passo foi executar o planejamento da atividade. Este planejamento envolveria diversos setores dentro da empresa (Coordenadorias de Manutenção Civil, Elétrica, Mecânica, Coordenadoria de Planejamento, Gerência de Operações, Gerência de Logística, Gerência de Tecnologia da Informação), responsáveis para que a revisão do equipamento, com a atenuação das causas raízes das patologias encontradas em inspeções visuais e atribuídas como responsáveis pelos desvios de aferição das cargas.

Após uma série de reuniões entre diversos setores da empresa, chegou-se a um planejamento consolidado, conforme visto na Tabela 3.1:

Tabela 3.1 – Planejamento de intervenção da Balança Rodoviária nº 1 – Fonte: Autor (2021).

ITEM	ATIVIDADE	PRAZO EXEC – HORA	DISCIPLINA
1	DESLIGAMENTO E BLOQUEIO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DA BALANÇA 01	2	ELÉTRICA
2	DESMONTAGEM DOS COMPONENTES DA BALANÇA (ELETRO-ELETRÔNICOS) – MCTEC	8	MECÂNICA
3	RETIRADA DAS PEDRAS DE CONCRETO ARMADO COM USO DE GUINDASTE E CARRETA	16	CIVIL
4	RETIRADA DA INFRA-ESTRUTURA ELÉTRICA	8	ELÉTRICA
5	RETIRADA DA INFRA-ESTRUTURA DE DADOS, VÍDEO E LÓGICA	8	TI
6	DEMOLIÇÃO DO PISO E ESCAVAÇÃO DE SOLO DA BALANÇA E DOS PILARES DE APOIO DAS CÉLULAS DE CARGA	40	CIVIL
7	ESCAVAÇÃO E DEMOLIÇÃO PARA EXECUÇÃO DE CANALETAS E CAIXAS DE PASSAGEM PARA INFRA ESTRUTURA DE ELÉTRICA, DADOS E VÍDEO	40	CIVIL
8	FABRICAÇÃO DAS BASES EM CHAPA DE AÇO E CHUMBADOR PARA AS CÉLUAS DE CARGA	80	MECÂNICA

9	CORTE E RETIRADA PARCIAL DA CHAPA DO FUNDO DA PEDRA E SOLDAGEM DAS NOVAS CHAPAS - REVITALIZAÇÃO DAS PEDRAS	120	MECÂNICA
10	REGULARIZAÇÃO DE PISO E APLICAÇÃO DE CONCRETO MAGRO COM CAIMENTO PARA DRENAGEM	24	CIVIL
11	CONCRETAGEM DO PISO INTERNO DA BALANÇA;	8	CIVIL
12	INSTALAÇÃO DAS NOVAS BASES EM CHAPA DAS CÉLULAS DE CARGA	8	MECÂNICA
13	GRAUTEAMENTO DAS BASES DAS CÉLULAS DE CARGA	8	CIVIL
14	CURA DO CONCRETO E DAS BASES DAS CÉLULAS	168	CIVIL
15	LANÇAMENTO DE NOVAS INFRAESTRUTURAS DE ELÉTRICA E DADOS	24	ELÉTRICA
16	REINSTALAÇÃO DAS PEDRAS (03 UND) DAS BALANÇAS	16	CIVIL
17	FINALIZAÇÃO DA EXECUÇÃO DAS CAIXAS E CANALETAS	40	CIVIL
18	UNIÃO DAS PEDRAS COM USO DE PARAFUSOS	24	MECÂNICA
19	MONTAGEM DOS COMPONENTES ELETROMECÂNICOS DA BALANÇA	8	MECÂNICA
20	COMISSIONAMENTO DA BALANÇA - AFERIÇÃO E TESTES	8	MECÂNICA

3.2 Processo de Overhaul.

3.2.1 Plano de Içamento.

O primeiro passo foi definir, em conjunto com as Gerências de Operação e Logística do Porto do Itaquí, uma data de parada das três balanças rodoviárias da área primária, para movimentação dos pré-fabricados de concreto armado (pedras da balança).

Inicialmente, por meio de uma análise *in loco*, verificou-se os impactos com as operações de guindaste para movimentação das pedras de concreto. A massa de cada uma dessas pedras corresponde a aproximadamente 16.000 (dezesesseis mil) quilogramas.

Por meio da verificação no local, constatou-se que a movimentação das pedras causaria impacto nas operações das outras balanças. A Balança Rodoviária nº 1, antes do processo de revisão do equipamento, pode ser vista na Figura 3.8 e Figura 3.9.



Figura 3.8 – Balanças Rodoviárias da Área Primária do Porto do Itaqui antes das reformas. Fonte: Autor (2021).



Figura 3.9 – Balança Rodoviária nº 1 da Área Primária do Porto do Itaqui antes da parada programada geral. Fonte: Autor (2021).

Por conta do peso da pedra de concreto (superior a cem quilo newtons – 100 KN), foi necessária a elaboração de plano de içamento para sua movimentação e transporte, conforme visto na Figura 3.10:

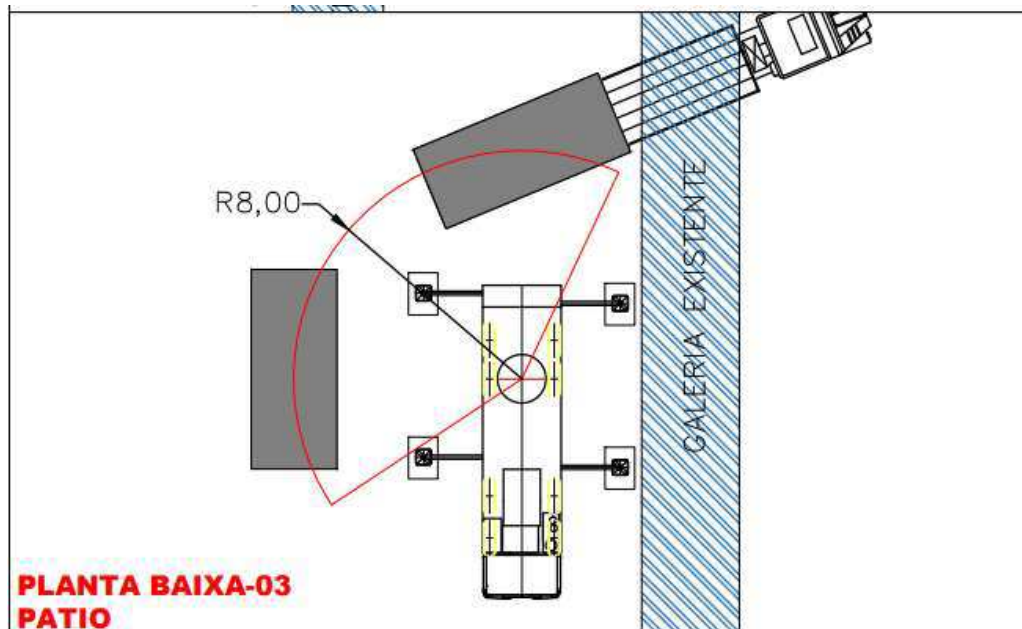


Figura 3.10 – Plano de içamento de movimentação das pedras da Balança n 1. Fonte: Autor (2021).

A seguir, a Figura 3.11 demonstra o içamento de uma das pedras do equipamento:



Figura 3.11 – Içamento de pedra da balança. Fonte: Autor (2021).

3.2.2 Limpeza do piso da balança rodoviária nº 1.

Após a primeira etapa (retirada das pedras), procedeu-se imediatamente à limpeza do piso da Balança Rodoviária nº 1. Verificou-se a presença de uma camada de aproximadamente dez centímetros (10,00 cm) acima do piso intertravado. Conforme visto na Figura 3.12



Figura 3.12 – Limpeza de piso da balança nº 1. Fonte: Autor (2021).

3.2.3 Corte, lixamento e tratamento de chapa estrutural metálica das pedras da balança nº 1.

Após a retirada das pedras da balança, foi iniciado o serviço de corte, lixamento, recuperação e pintura das chapas estruturais da balança, conforme demonstram na Figura 3.13 e Figura 3.14:



Figura 3.13 – Lixamento das estruturas metálicas das pedras da balança. Fonte: Autor (2021).



Figura 3.14 – Lixamento das estruturas metálicas das pedras da balança. Fonte: Autor (2021).

3.2.4 Escavação para passagem de infraestrutura elétrica e de dados.

Conforme já explanado anteriormente, no tópico 3.1, um dos problemas apresentados na Balança Rodoviária n 1 anteriormente ao processo de revisão do equipamento era a presença de eletrodutos aparentes, o que dificultava a manutenção preventiva do equipamento. Para resolução dessa problemática, a melhor solução foi realizar a passagem de nova infraestrutura de cabos elétricos e de lógica de forma embutida no piso, com a presença de caixas de inspeção e manutenção de dimensões 0,80 m x 0,80 m em planta (total de 8 caixas de elétrica), conforme visto na Figura 3.15. Com isso, o processo de manutenção preventiva foi facilitado, bem como melhorou-se também o processo de realização de inspeções elétricas periódicas.



Figura 3.15 – Demolição de piso para embutimento de instalações elétricas. Fonte: Autor (2021).

3.2.5 Execução de sistema de drenagem para águas pluviais.

Como forma de diminuir o processo de corrosão dos componentes do equipamento, bem como garantir a limpeza deste, foi executado sistema de drenagem com canaleta em alvenaria estrutural com dimensões 0,20 m x 0,40 m (área da seção transversal 0,08 m²), totalizando um volume de 1,68 m³, como visto na Figura 3.16.



Figura 3.16 – Execução de sistema de drenagem na balança nº 1. Fonte: Autor (2021).

3.2.6 Reinstalação das pedras recuperadas, pintura das bases das células de carga, execução das barreiras de contenção lateral e pintura do equipamento.

Após a execução do sistema de drenagem e recuperação das pedras da balança, procedeu-se à recuperação das bases das células de carga, reinstalação das pedras da balança, bem como a execução de novas barreiras de contenção para facilitar o acesso e limpeza do equipamento.

Após todas essas etapas, iniciou-se a pintura do equipamento, incluindo a pintura do sistema de barreiras de contenção lateral, caixas elétricas, e piso dos elementos pré-fabricados em concreto armado, como demonstra a Figura 3.17 e Figura 3.18.



Figura 3.17 – Pintura da Balança Rodoviária nº 1. Fonte: Autor (2021)



Figura 3.18 – Pintura da Balança Rodoviária nº 1. Fonte: Autor (2021)

3.3 Entrega do equipamento.

Após todo o processo de revisão do equipamento, foram feitos testes de nivelamento das bases das células de carga e aferições da precisão das cargas, para posterior liberação do equipamento.

Para tanto, o INMETRO foi comunicado para realizar os testes de funcionamento e precisão da balança.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o *overhaul*, este equipamento, que já contava com 20 (vinte) anos de vida útil, passou a ter um considerável prolongamento e manter sua confiabilidade por mais tempo, conforme visto na Figura 4.1 e Figura 4.2.



Figura 4.1 – Balança rodoviária após recuperação. Fonte: Autor (2021).



Figura 4.2 – Balança rodoviária após recuperação. Fonte: Autor (2021)

O processo de aferição garantiu o comissionamento do equipamento, que voltou a ser considerado aprovado pelo INMETRO, conforme Figura 4.3a e Figura 4.3b.

Código do Serviço: 0129
 Max1: 120000kg e1: 20kg d1: 20kg n1: 6000
 Classe de Exatidão: III Ano de Fabricação: Depois de 1998
 Selagens: II1319739 - 7

SIMBOLOGIA

Para os ensaios constantes neste relatório é utilizada a seguinte simbologia:

I = Carga
 I = Indicação
 I Disp = Indicação no Dispositiva
 dL = Carga adicional
 E = Erro
 Eo = Erro calculado em 10e
 Ec = Erro corrigido
 EMA = Erro máximo admissível
 P = Indicação antes do arredondamento do instrumento

INSPEÇÃO GERAL

Tipo: Rodoviária
 Estado: Bom
 Plataforma: Concreto
 Oscilação: Normal
 Cursor: Normal
 Escala: Legível
 Sistema de Trava: Bom

ENSAIOS - Max1

1º ENSAIO DE FIDELIDADE – 23860kg

	I (kg)	dL (kg)	P (kg)
1	23860	--	--
2	23860	--	--
3	23860	--	--
4	23860	--	--
5	23860	--	--
6	23860	--	--

Divergência Máxima: 0kg

EMA: ± 20 kg

Onde: Diverg.Max = Imax - Imin

Figura 4.3a – Certificação 2021 aprovada pelo INMETRO da Balança rodoviária nº1. Fonte: Autor (2021).

ENSAIO DE EXCENTRICIDADE

	L (kg)	I (kg)	dL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	EMA (kg)
1	23860	23860	--	0	--	+ 20
2	23860	23860	--	0	--	+ 20
3	23860	23860	--	0	--	+ 20
4	23860	23860	--	0	--	+ 20
5	23860	23840	--	-20	--	+ 20
6	23860	23840	--	-20	--	+ 20

Onde: $E = I - L$

Posição das Cargas: 1 2 3
6 5 4

ENSAIO DE PESAGEM

	L (kg)	I (kg)	dL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	EMA (kg)
1	200	200	--	0	--	+ 10
2	2000	2000	--	0	--	+ 10
3	4000	4000	--	0	--	+ 10
4	6000	6000	--	0	--	+ 10
5	8000	8000	--	0	--	+ 10
6	10000	10000	--	0	--	+ 10
7	8000	8000	--	0	--	+ 10
8	6000	6000	--	0	--	+ 10
9	4000	4000	--	0	--	+ 10
10	2000	2000	--	0	--	+ 10

Onde: $E = I - L$

RESULTADO: 4 - APROVADO

FISCALIZADO/ENSAIADO POR:

FUNCIONÁRIO: Luis Carlos T. L. Filho

Figura 4.3b – Certificação 2021 aprovada pelo INMETRO da Balança rodoviária nº1. Fonte: Autor (2021).

Após todo esse processo, a Gerência de Manutenção começou a aplicar uma nova ordem de serviço de manutenção preventiva que juntamente dela é aplicado um checklist dos itens da balança com a resposta “sim” ou “não”, para verificação se eles estão em estado de utilização. Estes documentos podem ser visto nos Anexos B e C.

Além disso, as incidências de solicitação de ordens de serviço do tipo corretivas reduziram drasticamente. A Tabela 4.1 pode evidenciar essa situação.

Tabela 4.1 – Ocorrência de Manutenções Corretivas por Área de Engenharia – Fonte: Autor (2021)

ESPECIALIZAÇÃO / ANO	CORRETIVA MECÂNICA	CORRETIVA ELÉTRICA	CORRETIVA CIVIL
2020	13	8	4
2021 até Junho	12	17	8

No ano de 2020 ocorreram 13 manutenções corretivas de mecânica, 08 de elétrica e 04 de civil. No ano de 2021, mesmo antes da reprovação do INMETRO que ocorreu no mês de junho, a ocorrência de manutenções corretivas na balança rodoviária nº1 já havia crescido 48%. A Figura 4.4 mostra o gráfico com essas incidências.

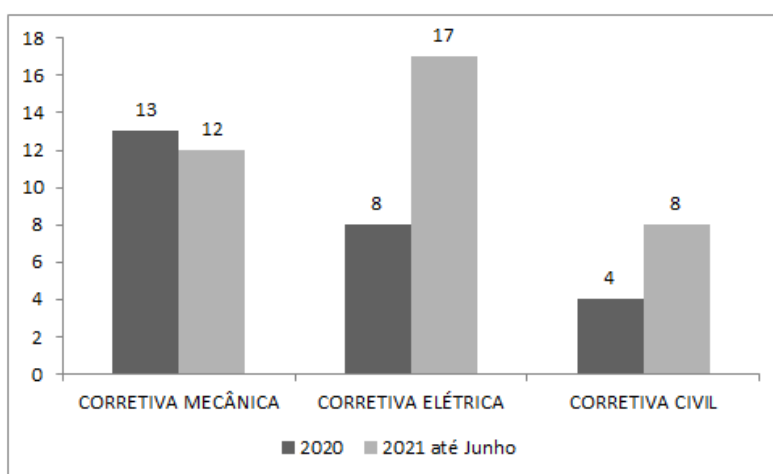


Figura 4.4 – Gráfico da Incidência de Manutenções Corretivas por Área de Engenharia. Fonte: Autor (2021).

Após a realização do *overhaul*, a incidência de manutenções corretivas diminuiu drasticamente, ocorrendo uma queda de 97% em relação ao período de 2020 e de 2021 até junho, acontecendo somente duas solicitações pontuais para melhorar os serviços realizados na balança, como um aterramento e calibração do sistema de aferição. A Figura 4.5 demonstra isso graficamente.

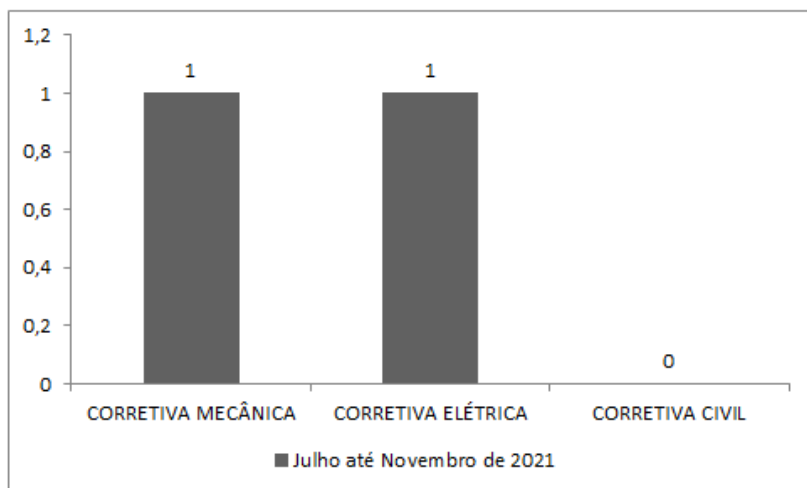


Figura 4.5 – Gráfico da Incidência de Manutenções Corretivas por Área de Engenharia após o processo de overhaul. Fonte: Autor (2021).

5 CONCLUSÃO

Por meio da revisão bibliográfica, acompanhamento de campo, elaboração, organização e execução do *overhaul*, conseguiu-se chegar no objetivo geral de retomar o funcionamento da balança rodoviária nº1 do Terminal do Porto do Itaqui.

Na questão dos objetivos específicos conseguiu-se verificar a bibliografia que foi de suma importância não somente para adquirir mais conhecimento, mas também para a execução na prática do conteúdo teórico adquirido. Foi verificada também a aplicação do plano de manutenção preventiva que se mostrou eficaz, reduzindo a solicitação de manutenções corretivas, o que era outro objetivo específico. Além disso, foi verificada também o tipo de corrosão que estava presente na balança que era do tipo uniforme e era classificada como eletroquímica.

A elaboração da parada programada geral foi de fundamental contribuição na integralização dos três setores de engenharia da Gerência de Manutenção da EMAP. Além disso, a conexão com outras gerência do Porto do Itaqui proporcionou um trabalho de cooperação que visou solucionar uma problemática que afetava o controle da operação.

Como a aplicação deste *overhaul* foi satisfatório, é recomendado que se aplique as outras balanças rodoviárias do Terminal, a fim de que todas possam também manter um padrão de qualidade semelhante ao encontrado agora na balança nº1.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Paulo. **Manutenção Mecânica Industrial: Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. São Paulo. Ed. Saraiva, 2014

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: **Confiabilidade e Mantenabilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

BATISTA, Luana Araújo; OLIVEIRA, Tarcísio Reis de. **AVALIAÇÃO DA CORROSÃO INTERGRANULAR NO AÇO AISI 304L PELA NORMA ASTM A262, PRÁTICAS A, C E E**, p. 3026-3033. In: *15th Enemet*, Rio de Janeiro, 2015

BORGES, Ana Lúcia; SILVA, Davi José. **Fertilizantes para fertirrigação**. 2009

Callister Jr., W.D., **Ciência e Engenharia dos Materiais, uma Introdução**, 9ª Edição, Ed. Guanabara, 2017.

FLOGIATTO, Flávio; RIBEIRO, José. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro. Ed. Elsevier, 2009

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A., 2011.

LATTMANN, Bruno; ALVES, Klayton. **Corrosão: Princípios , análises e soluções. 1ª Edição**. Curitiba. Ed. Intersaberes, 2020

MOSCHIN, Jonh. **Gerenciamento de Parada de Manutenção: Um projeto de sucesso ao alcance de suas mãos**. Rio de Janeiro. Ed. Brasport, 2015

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de manutenção preditiva.v. 1**. São Paulo: E. Blucher, 1989.

NETO, Alexandre; SCARPIM, João. **Terceirização em serviços de manutenção industrial**. Rio de Janeiro Ed. Interciência, 2014.

PINTO, G. A. **A organização do trabalho no século 20: taylorismo, fordismo e toyotismo.** 2ª edição. São Paulo: Expressão Popular, 2010.

SCHNEIDER, Cristian. **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE PESAGEM NA EXPEDIÇÃO A GRANEL;** Panambi, 2012.

SIAMAC. **Balança rodoviária plataforma de concreto.** Disponível em: <<https://siamac.com.br/sku/balanca-rodoviaria-plataforma-de-concreto/#especificacoes>>. Acesso em: 24 de Novembro de 2021.

TOLENTINO, Nathalia. **Processos Químicos Industriais: Matérias-primas, Técnicas de Produção e Métodos de Controle de Corrosão. 1ª Edição.** São Paulo. Ed. Saraiva, 2019

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Planejamento e Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro. Ed. Qualitymark, 2002.

ANEXOS

ANEXO A – Certificação de reprovação do INMETRO da Balança Rodoviária nº1 do ano de 2021

Classe de Exatidão: III - Ano de Fabricação: Depois de 1998
Identificação: H664207-6

SIMBOLOGIA

Para os ensaios constantes neste relatório é utilizada a seguinte simbologia:

L = Carga	Er = Erro calculado em 10e
I = Indicação	Ec = Erro corrigido
I Disp = Indicação no Dispositivo	EMA = Erro máximo admissível
dL = Carga adicional	P = Indicação antes do arredondamento do instrumento
E = Erro	

INSPEÇÃO GERAL

Local: Rodoviária
Estado: Bom
Plataforma: Concreto
Cilindração: Normal
Cursor: Normal
Escala: Legível
Sistema de Trawa: Bom

ENSAIOS - Max1

ENSAIO DE FIDELIDADE - 23810kg

	I (kg)	dL (kg)	P (kg)
1	23810	--	--
2	23810	--	--
3	23810	--	--
4	23800	--	--
5	23810	--	--
6	23810	--	--

Divergência Máxima: 10kg

EMA: ±15kg

Onde: Diverg. Máx = Imáx - Imin

ENSAIO DE EXCENTRICIDADE

SAIO DE EXCENTRICIDADE

L (kg)	I (kg)	dL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	EMA (kg)
23810	23790	--	-20	--	+15
23810	23810	--	0	--	+15
23810	23810	--	0	--	+15
23810	23810	--	0	--	+15
23810	23800	--	-10	--	+15
23810	23790	--	-20	--	+15

e: $E = I - L$

Posição das Cargas: 1 2 3
6 5 4

SAIO DE PESAGEM



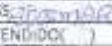
L (kg)	I (kg)	dL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	EMA (kg)
200	200	--	0	--	+5
2000	2020	--	20	--	+5
4000	4020	--	20	--	+5
6000	6020	--	20	--	+10
8000	8040	--	40	--	+10
10000	10040	--	40	--	+10
8000	8040	--	40	--	+10
6000	6020	--	20	--	+10
4000	4010	--	10	--	+5
2000	2020	--	20	--	+5
200	200	--	0	--	+5

e: $E = I - L$

SULTADO: 5 - REPROVADO

0-CONFORMIDADES DO INSTRUMENTO:

ANEXO C – Checklist dos Itens da Balança Rodoviária nº1 do Terminal do Porto do Itaqui

 M C DE ALENCAR PESSOA E CIA LTDA. <small>Av. Brasil, 1100 - Vila Heloisa, Fátima, Maranhão - CEP: 65.138-000 Fone: (91) 9949-8848 / (91) 3528-1400 Cnpj: 13.240.213/0001-18, Ins. Estadual: 123.803.307, Insc. Fiscal: 20.944.333/2019 e-mail: contato@mcpe.com.br</small>		ORDEM DE SERVIÇO	Nº 0164
EMPRESA/CLIENTE: EMAP - EMPRESA MARANHENSE DE ADM PORTUÁRIA		SOLICITANTE:	
END. UNIDADE/FILIAL: PORTO DO ITAQUI		CEP:	
TEL:		INS. ESTADUAL:	
ÁREA/SETOR: ÁREA PRIMÁRIA	EQUIPAMENTO C/ ITEM A REPARAR: BALANÇA LIDER MOD: LD-2052		
CÓDIGO OPERACIONAL DO EQUIPAMENTO(DTAGI): 80 TONELADAS Nº01			
PRÓTOCOLO:	DATA DE EMISSÃO: 25 / 10 / 2021	HORA DA EMISSÃO: 09 : 00	
TIPO DE MANUTENÇÃO: () CORRETIVA () X PREVENTIVA () GARANTIA: FABRICAÇÃO: / /			
DETALHAMENTO DOS SERVIÇOS SOLICITADOS			
ITEM	VERIFICAÇÕES	SIM	NÃO
01	CÉLULAS DE CARGA	X	
02	CAIXA DE JUNÇÃO	X	
03	CAROS DAS CÉLULAS	X	
04	CABO DA CAIXA DE JUNÇÃO	X	
05	IMPEDZA		
06	LUBRIFICAÇÃO	X	
07	CALIBRAÇÃO	X	
08	ACABAMENTOS (PARAFUSO, PORCAS E ARRUELAS)	X	
09	PESO	X	
10	SELO	X	
11	LACRE	X	
EVENTUAIS OCORRÊNCIAS / OBSERVAÇÕES DE SEGURANÇA		SIM	NÃO
DESENERGIZAÇÃO DA BALANÇA			
EPI-EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (NECESSÁRIOS)			
BOTAS (X) LUVAS (X) ÓCULO (X) CAPACETE (X) MASCARA (X) PROTETOR AURICULAR (X)			
EPI-EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO COLETIVA (NECESSÁRIOS)			
FITA ZEBRADA: (X) CONE: (X)			
FERRAMENTAS NECESSÁRIAS			
MAQUETA (X) MACHADO HIDRAULICO (X) CRANIO (X) PA DE FERREIRO (X) COINER DE PERFORAR (X)			
PROVIDÊNCIA (INTERRUPÇÕES/BLOQUEIOS)			
FITA ZEBRADA: (X) CONE: (X)			
AUTORIZADOR/CARGO:		DATA/ASSINATURA:	
RESPONSÁVEL(E)IS/CARGO(ES)ELA FUNÇÃO:			
NOME: Marcelo Mafra		CARGO: Técnico	ASS: 
NOME: George Wandeman		CARGO: Técnico	ASS:
NOME: Tocemar Herlindo		CARGO: Auxiliar	ASS: 
AVALIAÇÃO: PLENAMENTE ATENDIDO(X)		PARCIALMENTE ATENDIDO()	NÃO ATENDIDO()
DATA/HORA INÍCIO DA EXECUÇÃO:		25 / 10 / 2021	09 : 00
DATA/HORA FIM DA EXECUÇÃO:		25 / 10 / 2021	12 : 00
<input type="checkbox"/>	MÁQUINA PARADA		
<input checked="" type="checkbox"/>	MÁQUINA FUNCIONANDO		
CAUSAS:			
OBSERVAÇÃO: PARA ORÇAMENTO DE PEÇAS E OBSERVAÇÕES, USE A ORDEM DE SERVIÇO QUE ESTÁ ANEXADA.			