

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

JOSÉ DO CARMO TEIXEIRA NETO

**CORROSÃO NA CONEXÃO ELÉTRICA EM SAPATA COLETORA DE PONTE
ROLANTE**

SANTOS/SP

2021

JOSÉ DO CARMO TEIXEIRA NETO

**CORROSÃO NA CONEXÃO ELÉTRICA EM SAPATA COLETORA DE PONTE
ROLANTE**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob orientação do: Prof. Dr. Aldo Ramos Santos.

SANTOS/SP

2021

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

620.11223 Teixeira Neto, José do Carmo.

T267c Corrosão na Conexão na Conexão Elétrica em Sapata Coletora de Ponte Rolante

 José do Carmo Teixeira Neto.- 2021

77 p.

 Orientador: Prof. Dr. Aldo Ramos Santos

 Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2021.

 1. Corrosão. 2. Sistemas Elétricos. 3. Ponte Rolante.
 4. Parada de Manutenção.

 I. Santos, Aldo Ramos. II. Corrosão na Conexão Elétrica em Sapata Coletora de Ponte Rolante.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

*Dedico este trabalho à minha esposa
Rosana e aos meus pais Domingos e Maria
Adacir “in memoriam”.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que sempre esteve comigo em todos os momentos de minha vida e à minha esposa Rosana, pelo apoio e compreensão quanto à minha ausência, aos meus pais Domingos e Maria Adacir “in memoriam”.

Ao Prof. Dr. Aldo Ramos Santos, que acompanhou cada passo do mesmo desde a primeira linha. Com ele aprendi como deve ser a dedicação de um profissional que ama o que faz e quero algum dia ser semelhante a ele como professor, pois me fez acreditar com seu exemplo profissional que “Quem se esforça alcança os seus objetivos” e posso retribuí-lo apenas com meu humilde e carinhoso: “Muito obrigado meu Professor”.

Aos meus professores que contribuíram com seu conhecimento e com muita dedicação, como, a Profa. Dra Karina Tamião Campos Roseno e Professor Dr. João Inácio da Silva Filho e todos os outros professores que, ao longo de minha carreira, contribuíram doando cada um deles “um tijolinho” para minha casa do conhecimento que levarei comigo até o fim de minha vida: a todos devo muito. Aos professores Dr. Victor da Silva Rosa e Dr. Deovaldo de Moraes Júnior pelas sugestões visando o aperfeiçoamento do texto.

A equipe da secretaria de Mestrado, Sandra e Imaculada, pelo auxílio e pronto atendimento em todas as fases do processo de estudo.

Ao meu amigo engenheiro Me. Henrique Aparecido Teixeira de Paula que várias vezes durante o curso me incentivou a procurar dar resultados com sugestões e análises, onde não via saída para tal, também o Professor Felipe Bertelli lembrando que amigo não é aquele que fala o que queremos ouvir e sim o que fala o que precisamos ouvir!

Ao amigo Marco Valério Marques dos Santos e O Sr. Marco Ferreira pelo auxílio com conhecimento e autorização da Empresa Elevolt.

RESUMO

Este trabalho trata-se de uma investigação sobre corrosão em conexão elétrica de sapatas coletoras de pontes rolantes que trabalham em ambientes industriais. Com a corrosão tornando-se excessiva cria-se a necessidade de parada corretiva de equipamento para ser trocada a sapata coletora influenciando negativamente no processo produtivo. A redução do processo produtivo proveniente de uma parada inesperada em uma determinada linha de produção é um dos principais problemas enfrentados pelas indústrias dessa área de produção. Fica evidente e mais sensato evitar que a quebra aconteça, fazendo as inspeções preditivas e as paradas preventivas. O presente trabalho objetivou demonstrar a corrosão na conexão elétrica em sapata coletora do barramento geral de uma ponte rolante de 75 toneladas através da utilização de pasta de cobre. Nesta pesquisa foram feitos 14 experiências com uma pasta IGC 220 condutora de eletricidade, com propriedades químicas e físicas que eliminam a oxidação devido à ação do oxigênio atmosférico na superfície da junção em um ambiente preparado para os testes. Nos procedimentos foi eliminado o ar ao redor do ponto de conexão elétrica entre a sapata coletora e a cordoalha para que os testes se aproximassem das condições ambientais encontradas na fábrica. Em seguida foram monitorados os valores das grandezas, temperatura, corrente elétrica, tensão e, através destes, calculado a potência e feitas verificações de condutividade e resistividade. Ao final dos testes foram obtidos os dados relacionados a condutividade e resistividade devido ao aparecimento da corrosão onde verificou-se uma melhora na qualidade das sapatas que receberam a proteção. Acompanhando a manutenção preventiva do equipamento e considerando dados obtidos na fábrica estimou-se que através da utilização da pasta condutora nas conexões das sapatas, as paradas, que eram a cada 9 dias, passaram a ser mensais. Conclui-se que com a utilização deste método de proteção contra a corrosão e com foco na prevenção das falhas na área de manutenção industrial a técnica apresentada mostrou-se promissora e relevante para que novas pesquisas e testes mais detalhados, e em laboratórios especiais, possam ser realizados para melhorar a técnica aqui apresentada.

Palavras-chave: Corrosão. Sistemas Elétricos. Ponte Rolante. Parada de Manutenção.

ABSTRACT

This work is an investigation about corrosion in electrical connection of collecting shoes of Overhead cranes that work in industrial environments. With corrosion becoming excessive, the need for corrective equipment stop is created in order to change the collecting shoe, negatively influencing the production process. The reduction of the production process resulting from an unexpected stop in a certain production line is one of the main problems faced by the industries in that area of production. It is evident and wiser to prevent the break from happening by making predictive inspections and preventive stops. The present work aimed to demonstrate the corrosion in the electrical connection in the collecting shoe of the general bus of a 75-ton overhead crane through the use of copper paste. In this research, 14 experiments were carried out with an IGC 220 electrically conductive paste, with chemical and physical properties that eliminate oxidation due to the action of atmospheric oxygen on the surface of the junction in an environment prepared for the tests. In the procedures, the air was eliminated around the electrical connection point between the collecting shoe and the string so that the tests approached the environmental conditions found in the factory. Then the values of the quantities, temperature, electric current, voltage were monitored and, through these, power was calculated and conductivity and resistivity checks were made. At the end of the tests, data related to conductivity and resistivity were obtained due to the appearance of corrosion, with an improvement in the quality of the shoes that received protection. Following the preventive maintenance of the equipment and considering data obtained at the factory, it was estimated that through the use of conductive paste in the shoe connections, the stops, which were every 9 days, became monthly. It is concluded that with the use of this method of protection against corrosion and with a focus on the prevention of failures in the area of industrial maintenance, the presented technique has shown to be promising and relevant so that new research and more detailed tests, and in special laboratories, can be performed to improve the technique presented here.

Keywords: Eletrical Systems. Overhead Cranes. Corrosion. Maintenance Intervention.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bateria para sistema de luz de emergência.	18
Figura 2 - Ponto de aquecimento com corrosão.	18
Figura 3 - Cabo com mau contato em conexão em um SPDA.	18
Figura 4 - Ponte Rolante.	19
Figura 5 - Semipórtico	19
Figura 6 - Pórtico.	20
Figura 7 - Barramento de Ponte Rolante.	20
Figura 8 - Sapata Coletora de Ponte Rolante.	21
Figura 9 - Barramento de Ponte Rolante em Tensão Contínua.	21
Figura 10 - Barramento de Ponte Rolante em Tensão Alternada.	22
Figura 11 - Ponto de Conexão Elétrica.	22
Figura 12 - Corrosão uniforme em chapa de aço-carbono.	25
Figura 13 - Corrosão alveolar em chapa de aço-carbono	25
Figura 14 - Corrosão por pite em aço inoxidável	26
Figura 15 - Corrosão intergranular ou intercristalina.	26
Figura 16 - Corrosão galvânica em contato de aço-carbono com latão.	26
Figura 17 - Pasta a base de cobre IGC220.	30
Figura 18 - Disponibilidade em % Manutenção	32
Figura 19 - Indisponibilidade em % devido a Manutenção	33
Figura 20 - Sapata Coletora.	34
Figura 21 - Fresa VEKER 420i.	35
Figura 22 - Retificadora Plana Mello P-36.	35
Figura 23 - Cordoalha de cobre trançado.	36
Figura 24 - Tubos para confeccionar terminais.	36
Figura 25 - Pasta a base de cobre.	37
Figura 26 - Resistor 96,7 Ohm.	37
Figura 27 - Fonte de Alimentação.	38
Figura 28 - Cabos para conexão.	38
Figura 29 - Multímetro ET- 2042 D.	39
Figura 30 - Alicates Amperímetro automotivo	39
Figura 31 - Termo visor Fluke modelo VT 04.	40
Figura 32 - Microscópio Ótico OLYMPUS BX60M.	40
Figura 33 - Cordoalhas completas com furação para conexão.	41

Figura 34 - Cordoalhas completas com cabos.	42
Figura 35 - Conjunto fixado em área externa.	42
Figura 36 - Circuito a ser seguido com o conjunto em área externa.....	43
Figura 37 - Ponto de conexão com pasta a base de cobre.	43
Figura 38 - Montagem de circuito dentro de área controlada.	44
Figura 39 - Identificação para não ocorrer erros de pontos de medição.....	44
Figura 40 - Medição de temperatura com o Termovisor sem pasta.	45
Figura 41 - Medição de temperatura com o Termovisor com pasta.	45
Figura 42 - Modelo para Medições de corrente continua com o Multímetro. 46	
Figura 43 - Medições de Corrente contínua sem pasta.	46
Figura 44 - Medições de Corrente contínua com pasta.	46
Figura 45 - Resultado dos Ensaio.....	48
Figura 46 - Diferença de Correntes.	49
Figura 47 - Valores de Porcentagem do ponto sem pasta.....	50
Figura 48 - Percentual da corrente Com Pasta.	51
Figura 49 - Corrente Real Com pasta.....	53
Figura 50 - Corrente Real Sem Pasta.....	53
Figura 51 - Fenolftaleína e Ferricianeto de Potássio.	54
Figura 52 - Início primeiro experimento com reagentes.....	54
Figura 53 - Primeiro ponto de conexão.....	55
Figura 54 - Segundo ponto de conexão.....	55
Figura 55 - Terceiro ponto de conexão e final do primeiro experimento.....	55
Figura 56 - Início do segundo experimento.	56
Figura 57 - Demonstração da reação dos agentes.....	56
Figura 58 - Conexão com arruela de aço e parafuso.....	56
Figura 59 - Conexão somente o parafuso.	56
Figura 60 – Sem parafuso e arruela de latão	57
Figura 61 - Início do terceiro experimento ponto de conexão com a pasta. .57	
Figura 62 - Experimento com reagentes atuando nos pontos de conexão...57	
Figura 63 - Terceiro experimento primeiro ponto de conexão.	58
Figura 64 - Terceiro experimento segundo ponto de conexão.	58
Figura 65 - Fim do Terceiro experimento.....	58
Figura 66 - Início do quarto experimento.	59
Figura 67 - Quarto experimento primeiro ponto de conexão.	59

Figura 68 - Quarto experimento segundo ponto de conexão.....	59
Figura 69 - Quarto experimento terceiro ponto de conexão.	60
Figura 70 - Quarto experimento terceiro ponto de conexão sem conexões.	60
Figura 71 - Barra de Escala do Microscópio Ótico 30 μ m.....	61
Figura 72 - Corrosão agressiva	61
Figura 73 - Corrosão intermediária	62
Figura 74 - Corrosão leve	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Indicador de Disponibilidade %.....	32
Tabela 2 Indicador de Indisponibilidade devido Manutenção.	32
Tabela 3 Acompanhamento de ensaios referente a corrente	33
Tabela 4 Diferença de Correntes (A).....	47
Tabela 5 Diferença de Correntes (%).	49
Tabela 6 Diferença de Correntes (A) entre Com Pasta e a Corrente Base ..	51
Tabela 7 Valores de Correntes com valores (%) com pasta.....	52
Tabela 8 Valores de Correntes com valores (%) sem pasta.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Unidade de Corrente Elétrica
°C	Temperatura em Graus Celsius
CC	Corrente Corrigida
E	Energia
DI	Diferença de Corrente
Fe	Ferro
K ₃ [Fe(CN) ₆]	Ferricianeto de Potássio
C ₂₀ H ₁₄ O ₄	Fenolfitaleína
H ₂ O	Água
I	Corrente Elétrica
I _b	Corrente de base
I _{cb}	Corrente em ponto com pasta
I _{sp}	Corrente em ponto sem pasta
MTBF	<i>MeanTime Betwen Fail</i>
MTTF	<i>Mean Time to Fail</i>
P	Potência Elétrica
V	Unidade de Tensão
V _{cc}	Tensão Contínua
VPDI	Valor de Porcentagem da Diferença de Corrente
J	Joule unidade de energia

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.....16

SUMÁRIO

1INTRODUÇÃO	15
1.1 Organização da Dissertação	16
1.2 Objetivo	16
1.2.1 Objetivo secundário	16
1.3 Justificativa e relevância do tema	17
1.3.1 Sistemas Elétricos	17
1.3.2 Pontes Rolantes	18
1.3.3 Condutor	20
1.3.4 Corrosão	23
1.3.4.1 Custo da Corrosão no Brasil e no Mundo	28
1.3.5 Pasta Cobreada	29
1.3.6 Eficiência de Manutenção em Termos de Paradas	30
2MATERIAL E MÉTODO	34
2.1 Material	34
2.1.1 Sapata Coletora	34
2.1.2 Fresa	35
2.1.3 Retifica	35
2.1.4 Cordoalha	36
2.1.5 Tubo para confecção de terminais para conexão elétrica	36
2.1.6 Pasta a base de cobre	37
2.1.7 Resistor	37
2.1.8 Fonte DC	38
2.1.9 Cabos para conexão	38
2.1.10 Multímetro	39
2.1.11 Alicates amperímetro	39
2.1.12 Termovisor	40
2.1.13 Microscópio Ótico	40
2.2 Método	41
3RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.1 Resultados	47
3.2 Discussão	63
4CONCLUSÃO E SUGESTÕES	63
4.1CONCLUSÃO	63
4.2SUGESTÕES	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXO A PANTOGRAFO EXCLUSIVAMENTE PARA CORRENTE CONTINUA	66
ANEXO B PANTÓGRAFO DE CORRENTE CONTÍNUA OU ALTERNADA	67
ANEXO C CABO ELÉTRICO Sil	68
ANEXO D PASTA DE COBRE IGC 220	69
ANEXO E SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE PONTE ROLANTE DC	72

1. INTRODUÇÃO

Todas as indústrias siderúrgicas utilizam pontes rolantes. As pontes rolantes surgiram com o aprimoramento das máquinas de elevação de cargas baseadas em talha com moitão. No ano de 1830 existem relatos que uma empresa foi pioneira na fabricação de pontes rolantes na Alemanha (E. H. KARL et.al., 2018). Este tipo de equipamento, dependendo do local, tem seu tempo de utilização de 24 horas. Devido ao seu uso, se faz necessário ter um controle minucioso do plano de manutenção para se evitar paradas do equipamento (ALMEIDA, 2019), a parada da ponte rolante diminui o fluxo do processo de linhas de produção onde se deve ter confiabilidade e manutenibilidade do equipamento (ABNT, 2004).

Atualmente existe uma procura por soluções para minimizar perdas de energia, diminuindo seus gastos e com esse fato uma melhor eficiência nas linhas de produção. Conforme (Francisco et, al., 2020) verificaram a perda de material em um ponto onde houve corrosão. Será demonstrado nesta dissertação que com a utilização de uma pasta específica em suas conexões elétricas para controlar o aparecimento de resistência de contato e portanto uma variação de corrente neste ponto.

Paradas de equipamentos

Existem 3 tipos de parada de equipamento que são conforme Quadro 1 Kardec e Nascif (2009).

Quadro 1 Tipos de Paradas.

Tipos de parada	Utilização	Vantagem
PREDITIVA	Coleta de dados para possível intervenção.	Criar paradas preventivas. Evitar paradas desnecessárias.
PREVENTIVA	Parada para troca de peças com desgaste.	Parada com horário pré definido.
CORRETIVA	Parada com a necessidade de fazer o equipamento funcionar.	Não possui, pois neste tipo de parada, terá um custo elevado devido não ter planejamento.

1.1. Organização da Dissertação Objetivo

Este trabalho apresenta a seguinte organização:

A introdução e o Capítulo 1 trazem os fundamentos, objetivos, bases teóricas e relevância deste trabalho, discorrendo em importantes tópicos e assuntos relacionados a implantação do método que será desenvolvido, como uma nova opção de economia de energia que não é tão observada. Ainda no Capítulo 1 é informada a configuração geral do sistema estudado. No Capítulo 2 em Material e Métodos é colocado cada componente para desenvolvimento desta dissertação item a item e também é demonstrado os métodos utilizados para desenvolvimento dos experimentos que foram 8 no total. No Capítulo 3 apresentam-se cálculos e resultados obtidos com a simulação. As discussões encontram-se no Capítulo 4, diante dos resultados obtidos. No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões e sugestões, bem como oportunidades de execução e aplicações em futuros trabalhos e ferramentas. Logo após são apresentadas as Referências Bibliográficas e Anexos.

1.2. Objetivo

O presente trabalho objetivou demonstrar a corrosão existente na conexão elétrica em sapata coletora do barramento geral de uma ponte rolante de 75 toneladas.

1.2.1 Objetivo secundário

Como objetivo secundário tem-se a diminuição da corrosão na conexão elétrica em sapata coletora de ponte rolante.

1.3 Justificativa e relevância do tema

As indústrias siderúrgicas utilizam muito o equipamento conhecido como Ponte Rolante. O custo da hora parada deste equipamento é de 6 mil dólares (dado fornecido pelo departamento de produção da Usiminas). A quantidade de paradas seriam 3, com 4 horas por parada, seriam portanto 12 horas mensais a um custo total de 72 mil dólares. Para demonstrar a corrosão na conexão elétrica da sapata coletora de ponte rolante foram desenvolvidos vários experimentos permitindo obter mais informações relevantes para esta análise. Com o intuito de dar prosseguimento a esta dissertação apresentam-se a seguir conceitos relevantes concernentes ao tema tais como: sistemas elétricos; condutores elétricos; o que é máquina de elevação e transporte, seu funcionamento e tipos existentes; corrosão e pasta condutora.

1.3.1. Sistemas Elétricos

Quando se comenta em sistemas elétricos devem-se observar todos tipos de sistemas elétricos, desde uma bateria automotiva que com a corrosão em seus terminais pode ocasionar a parada do veículo, a corrosão nos terminais de baterias em sistemas de luz de emergências conforme figura 1. Em sistemas de alimentação dos consumidores residenciais no ponto de conexão entre os cabos da concessionária e os cabos do consumidor que ficam no tempo sofrendo o ataque do ar com a umidade perde-se energia antes e depois do medidor em forma de calor devido à corrosão nos pontos desta conexão. A perda dessa energia em forma de calor também se torna relevante pois será necessário a produção de mais energia para compensar essa perda (Figura 2). Apesar de se ter anualmente inspeção fica evidenciado na figura 3 que em sistemas de SPDA (Sistema de Proteção de Descarga Atmosférica) como fica sujeito ao ar com umidade pode causar um sinistro devido à corrosão nos pontos de conexão.

Como nas áreas litorâneas a salinidade proveniente do oceano é um agravante se tornando interessante o controle para cada um desses casos.



Figura 1 - Bateria para sistema de luz de emergência.

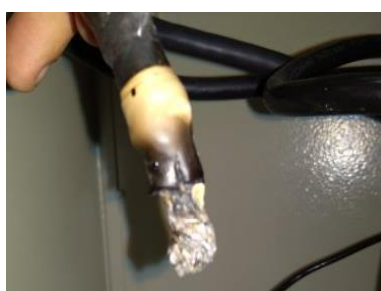


Figura 2 - Ponto de aquecimento com corrosão.

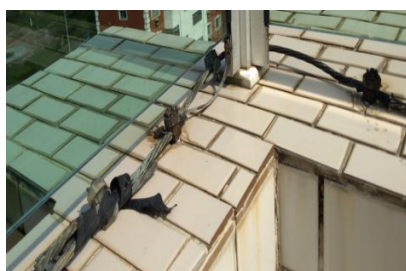


Figura 3 - Cabo com mau contato em conexão em um SPDA.

1.3.2. Pontes Rolantes

Com relação às máquinas de elevação tem-se no mercado uma grande variedade de equipamentos, que são utilizados em todos os setores da atividade da siderurgia. A classificação desses equipamentos necessitaria inúmeras considerações para que fossem incluídas todas as formas construtivas da atualidade. Os principais equipamentos que fazem parte das máquinas de elevação são: guindastes, pontes rolantes, pórticos e semipórticos.

Para pequenos movimentos de carga, são mais utilizados guindastes, mas para ambiente interno ou externo com capacidade de movimento constante vertical, horizontal e transversal que suporta várias toneladas são utilizadas pontes rolantes,

pórticos e semipórticos. As siderúrgicas utilizam em demasia pontes rolantes, pórticos e semipórticos. Pontes rolantes (Figura 4) surgiram com o aprimoramento das máquinas de elevação de cargas, baseada em talha e moitão sobre trilhos, que surgiram nos anos de 1800. No ano de 1830 existem relatos que uma empresa foi pioneira na fabricação de pontes rolantes na Alemanha (KARL,EUGEN KURRER, 2018).



Figura 4 - Ponte Rolante.

A Ponte Rolante foi muito aceita em indústrias siderúrgicas. Para serviços com deslocamento menor será utilizado o Semipórtico. A diferença entre pórtico e semipórtico é que o semipórtico possui somente um lado rodando no piso conforme figura 5.



Figura 5 - Semipórtico

Já o Pórtico possui seus trilhos de rolamentos totalmente no piso mostrado na figura 6.



Figura 6 - Pórtico.

1.3.3. Condutor

Com o advento da eletricidade, a condução de energia com equipamento móvel foi possível graças à um condutor denominado de barramento (Figura 7).

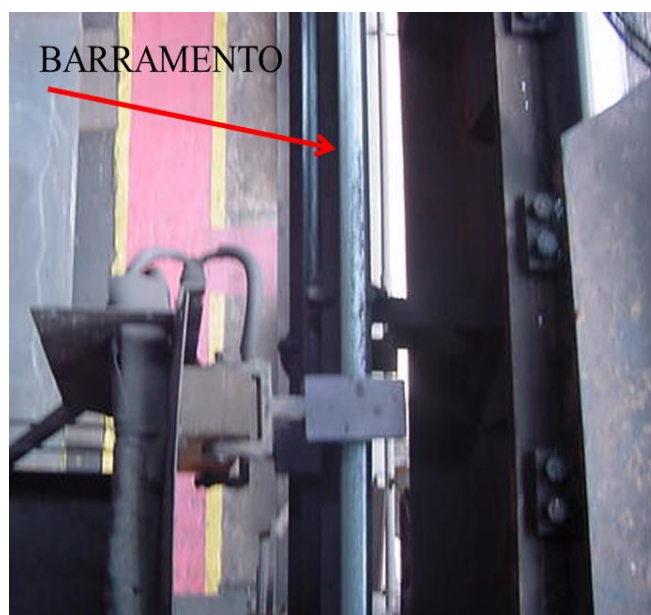


Figura 7 - Barramento de Ponte Rolante.

Tem-se também um dispositivo acoplado ao equipamento móvel similar à escova coletora chamado de sapata coletora conforme figura 8.



Figura 8 - Sapata Coletora de Ponte Rolante.

As sapatas coletoras e os barramentos de ponte rolantes tem uma importância pois transmitem a energia elétrica, normalmente ficam expostos, existindo portanto uma grande preocupação com a segurança dos mesmos tanto no manuseio na montagem e desmontagem. Os procedimentos de segurança devem ser tomados para se realizar qualquer serviço de intervenção que envolva barramentos e sapatas coletoras conforme NR 12 item 12.6.6.

Existem dois tipos de alimentação para ponte rolante:

a) **Tensão Contínua** - este tipo de barramento normalmente é um barramento que possui um sistema mais pesado, sendo utilizada sapata de ferro fundido conforme figura 9.

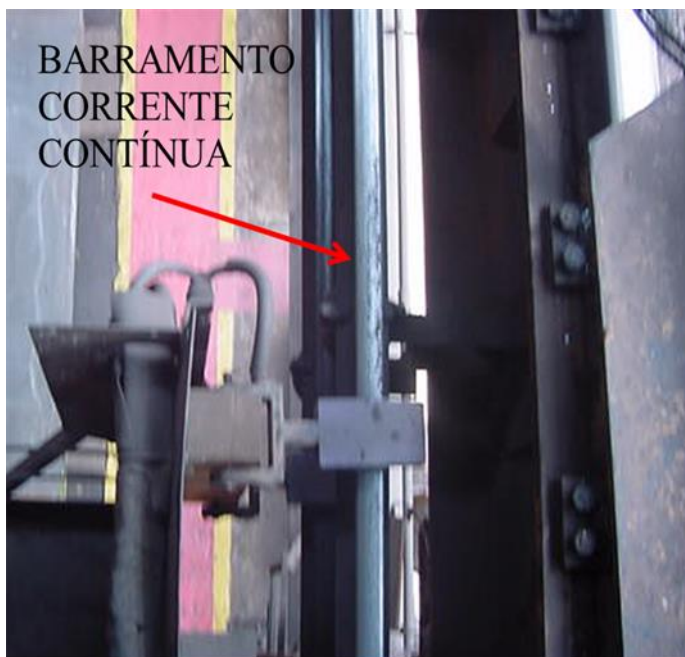


Figura 9 - Barramento de Ponte Rolante em Tensão Contínua.

- b) **Tensão Alternada** - para este tipo de sistema é utilizado circuito trifásico (Figura 10).

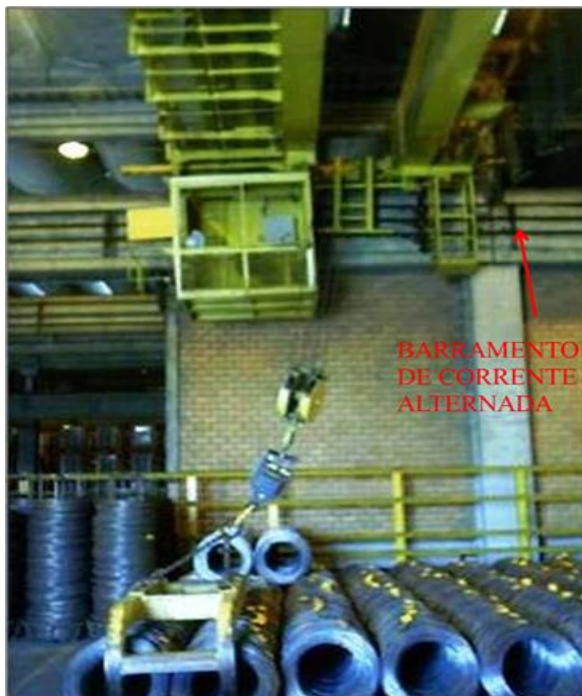


Figura 10 - Barramento de Ponte Rolante em Tensão Alternada.

As pontes rolantes mais modernas utilizam sapatas coletoras com material de metal grafite, podendo ser utilizado em barramento de corrente contínua ou alternada. As sapatas coletoras tradicionais de tensão contínua são de ferro fundido e sofrem forte desgaste mecânico e corrosão eletroquímica nos pontos de conexão elétrica (Figura 11).

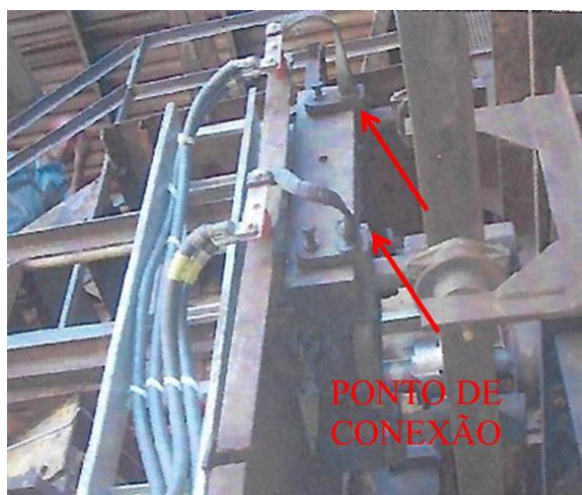


Figura 11- Ponto de Conexão Elétrica.

Na conexão da sapata coletora de ferro fundido cria-se um ponto de corrosão devido a exposição ao meio ambiente, e este ponto de corrosão é que apresenta um efeito que causa a parada do equipamento.

1.3.4. Corrosão

No século XIX, pesquisadores como Michael Faraday e outros observaram a resistência à corrosão na liga de ferro e cromo. Por conta da revolução industrial e avanço da tecnologia, a incidência de corrosão foi ampliada, surgindo então a necessidade de um controle rigoroso. Desta forma, um grande número de diferentes tipos de produtos anticorrosivos foram lançados no mercado.

Dentre eles, destacam-se os revestimentos externos de tubulações em tintas específicas e anodos de sacrifícios, por exemplo. Desenvolveram - se também aços inoxidáveis, que se mostram mais resistentes ao processo corrosivo (CANALE, et.al., 1993).

Pode-se dizer que a corrosão é a deterioração de um corpo metálico por meio de uma ação química ou eletroquímica, provocada pelo meio ambiente. A ação química pode ou não estar associada a ações mecânicas ou físicas (tensões, cavitações, etc.). Existem diversos tipos de corrosão, entre elas a corrosão por pite, intragranular ou transcristalina, filiforme, por esfoliação e galvânica.

Cada tipo de metal possui resistência maior ou menor à corrosão, e esta resistência é diretamente em função do meio onde se encontra. Mesmo os metais que são considerados nobres, podem sofrer o processo de corrosão (GENTIL,1997).

Este tipo de alteração poderá ter um efeito negativo para sistemas onde a criação de corrosão causará uma alteração, por exemplo, criando um ponto de aquecimento, e este ponto de aquecimento seria uma resistência de contato em um ponto de conexão elétrica. Essa resistência, por sua vez, com a passagem da corrente elétrica, irá aparecer uma diferença de potencial, assim, tem-se uma potência elétrica (W) que não é bem-vinda. Essa potência elétrica irá aumentar até causar a ruptura do ponto de conexão, portanto, a parada do equipamento. Em outras palavras seria a fórmula básica da potência elétrica sendo este aumento de temperatura dissipada por um condutor, é definida como a quantidade de energia dissipada durante um determinado intervalo de tempo, dado pela equação 1. Tem-se também que a unidade

utilizada para energia é o Joule (J), e assim que designa Joule por segundo tem-se o Watt (W). Ao considerar que toda a energia perdida em um circuito é resultado do efeito Joule, admiti-se que a energia transformada em calor é igual à energia perdida por uma carga (**q**), que passa pelo condutor conforme equação 2.

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad (1)$$

Sendo:

P a potência em W

E a energia em J

Δt a variação de tempo em segundos

A energia resultante será igual à energia inicial, menos a energia perdida (Eq.2).

$$E = E_i - E_p \quad (2)$$

Detalhando, onde a tensão (V) é igual a energia (J) dividido pela carga (C) têm-se as equações de (3) a (8).

$$V = \frac{E}{q} \quad (3)$$

$$E = q \cdot V \quad (4)$$

$$E_p = q \cdot V_1 - q \cdot V_2 \quad (5)$$

$$E_p = q \cdot (V_1 - V_2) \quad (6)$$

$$E_p = |q| \cdot |(v_1 - v_2)| \quad (7)$$

$$E_p = |q| \cdot U \quad (8)$$

Para um aumento de temperatura no ponto de conexão em questão, surge uma queda de tensão, claro que a potência desenvolvida no equipamento não se altera, todavia como a potência do equipamento é particular, quando se diminui a tensão a corrente sobe para que a potência do equipamento seja constante. Sendo assim tem-se um aumento da corrente que, por sua vez, causará uma potência maior na resistência de contato. Isto irá acontecer até o valor ser tão alto que fará com que se crie um mau contato, até a ruptura do circuito e consequentemente a parada do equipamento.

Pode-se observar na equação (9).

$$P = \downarrow V \times I \uparrow \quad (9)$$

A corrosão uniforme, na figura 12 tem seu processo em toda a extensão da superfície do material sendo que sua principal característica é a perda uniforme de

espessura, pode-se também ser denominada de corrosão generalizada. Ela ocorre através de uma reação química ou eletroquímica e do ponto de vista técnico, é uma corrosão que traz problemas, mas é fácil de programar a vida útil do material que passa por esse tipo de degradação física e química.

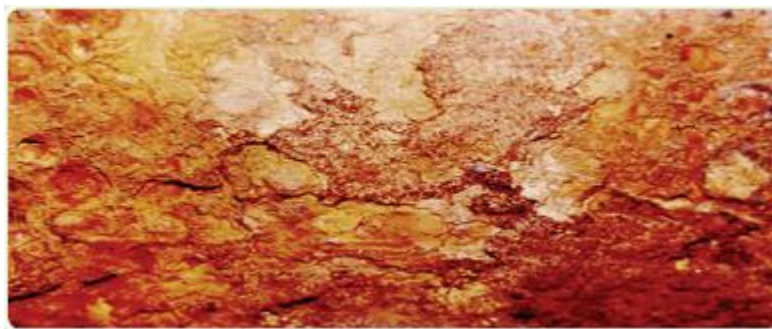


Figura 12 - Corrosão uniforme em chapa de aço-carbono.

(Fonte: Gentil, 2011).

A corrosão alveolar (Figura 13) processa-se na superfície metálica produzindo sulcos arredondados com profundidades inferiores ao seu diâmetro de superfície que é sua principal característica. É um tipo de corrosão localizada.

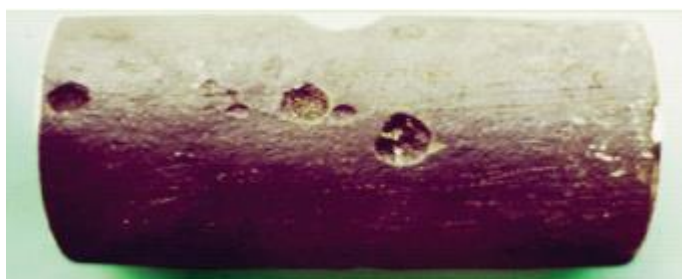


Figura 13 - Corrosão alveolar em chapa de aço-carbono (Fonte: Gentil, 2011).

A corrosão puntiforme (Figura 14) processa-se ponto a ponto, em pequenas áreas localizadas na superfície metálica, produzindo uma espécie de pites ou simplesmente furos que são cavidades em forma angulosa com profundidades superior ao diâmetro de superfície do furo. Alguns autores chamam-na de corrosão por *pitting*.

Essas três últimas formas de corrosão são simplificaradamente chamadas por alguns autores de corrosão por pites arredondados ou pites angulosos ou então denominadas de puntiformes.

O trabalho a frio e superfícies rugosas facilitam o ataque corrosivo dos pites nos materiais à base de carbono e ferro, denominados de aços, acelerando a corrosão quando em presença de íons de cloretos, tornando um processo auto catalítico.



Figura 14 - Corrosão por pite em aço inoxidável (Fonte: Gentil, 2011).

A corrosão intergranular (Figura 15) é a que ocorre entre os grãos ou cristais da rede cristalina do material metálico, apresentando como característica principal a perda de suas propriedades mecânicas cujo resultado é a fratura do material quando sofrer esforços mecânicos. Daí, quando ocorre a fratura, a corrosão passa a ser chamada de corrosão sob tensão fraturante (*stress corrosion cracking*).

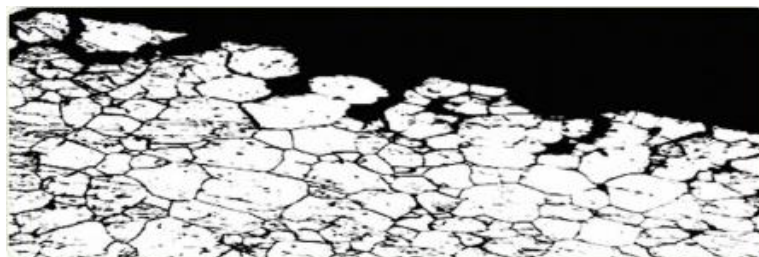


Figura 15 - Corrosão intergranular ou intercristalina (Fonte: Gentil, 1996).

Caso ocorra contato galvânico, a corrosão por erosão aumenta seu efeito de destruição, conforme a figura 16.



Figura 16 - Corrosão galvânica em contato de aço-carbono com latão (Fonte: Gentil, 2011).

Esse tipo de corrosão tem seu nível máximo de agravamento quando começa a ocorrer o fenômeno de cavitação provocado pelo colapso de bolhas de vapor em um fluido, próximo à superfície metálica.

As condições em que a corrosão se encontra são de fundamental importância para a análise sobre o tipo de corrosão e sua consequente forma. Exemplo disso, é que corrosões do tipo que ocorrem sob tensão não dependem diretamente de solicitações mecânicas aplicadas, bastando que existam no material as chamadas tensões residuais que normalmente são provocadas por tratamentos térmicos, trabalhos a frio, encruamentos em geral e outros tipos com características cíclicas.

Nesta dissertação serão observadas as três formas do meio agir sobre o material degradando-o, por isso, a corrosão é classificada em: **eletroquímica, química e eletrolítica**. Será mostrado a seguir como ocorre cada uma delas:

Corrosão eletroquímica: Sendo extremamente comum, pois é a que ocorre com os metais, geralmente na presença de água. Pode se dar de duas formas principais (GENTIL, 1996):

Quando o metal está em contato com um eletrólito (solução condutora ou condutor iônico que envolve áreas anódicas e catódicas ao mesmo tempo), formando uma pilha de corrosão.

Exemplo: A **formação da ferrugem** é um exemplo de corrosão eletroquímica. O ferro se oxida facilmente quando exposto ao ar úmido (oxigênio (O₂) e água (H₂O)). Essa oxidação resulta no cátion Fe²⁺, formando o polo negativo (que perde elétrons) da pilha segundo fórmula 1:



Entre os vários processos de redução que podem ocorrer a mais significativa é a da água conforme fórmula 2:



Enquanto os cátions Fe²⁺ migram para o polo negativo (cátodo), os ânions OH⁻ migram para o polo positivo (Ânodo) e ocorre a formação do hidróxido ferroso (Fe(OH)₂) indicado na fórmula 3.



Na presença de oxigênio, esse composto é oxidado a hidróxido de ferro III (Fe(OH)₃), que depois perde água e se transforma no óxido de ferro (III) mono hidratado (Fe₂O₃ · H₂O), que é um composto que possui coloração castanho-avermelhada, isto é, a ferrugem que se conhece e se demonstra nas fórmulas 4 e 5:



Quando dois metais são ligados por um eletrólito, formando uma pilha galvânica.

Por exemplo, se colocarmos uma placa de cobre e uma de ferro, ambas mergulhadas num eletrólito neutro aerado e postas em contato, formando um circuito elétrico, cada placa se tornará um eletrodo. O ferro será o ânodo, oxidando-se e perdendo elétrons que migram para o cátodo (placa de cobre), que por sua vez, é reduzido. O ânodo sofrerá o desgaste, formando a ferrugem no fundo do recipiente.

Corrosão Química:

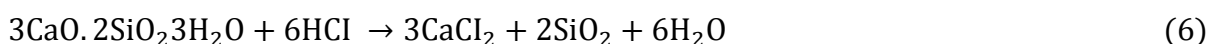
É o ataque de algum agente químico diretamente sobre determinado material, que pode ou não ser um metal. Ela não precisa da presença de água e não há transferência de elétrons como na corrosão eletroquímica.

Exemplos:

a) Solventes ou agentes oxidantes podem quebrar as macromoléculas de polímeros (plásticos e borrachas), degradando-os;

b) O ácido sulfúrico corrói o zinco metálico;

c) Concreto armado de construções pode sofrer corrosão com o passar do tempo por agentes poluentes. Em sua constituição há silicatos, aluminatos de cálcio e óxido de ferro que são decompostos por ácidos, como mostrado na fórmula 6.



Corrosão eletrolítica:

É um processo eletroquímico que ocorre com a aplicação externa de uma corrente elétrica. Esse processo não é espontâneo, ao contrário dos outros tipos de corrosão mencionados acima. Quando não há isolamento ou aterramento, ou estes estão com alguma deficiência, formam-se correntes de fuga, e quando elas escapam para o solo formam-se pequenos furos nas instalações.

Exemplos: Isso acontece em tubulações de água e de petróleo, em canos telefônicos e de postos de gasolina.

1.3.4.1 Custo da Corrosão no Brasil e no Mundo

Conforme a Revista Fator Brasil (2015) o Brasil perde 4% do PIB com corrosão, um valor de R\$ **236 bilhões**, a "ferrugem" no litoral chega a ser 153 vezes

mais do que zona rural. O estudo desta revista aponta ainda que no mundo entre 1% e 5% do PIB é consumido pela corrosão.

Evidencia-se que a corrosão poderia ser atenuada com tecnologia já existente e ganho x custo reduzindo o seu impacto podendo se ter uma vida útil estendida em 110 anos.

Devido a necessidade de empresas petroquímica, a 3M desenvolveu no Brasil a fita 1465BR que isola e protege tubulações contra a corrosão. Os componentes desta fita são na verdade uma união do PVC (policloreto de vinila) e o Mastic oferecendo uma única camada de proteção contra a corrosão, umidade, raios UV e mecânica para tubulações aéreas quanto enterradas.

1.3.5 Pasta Cobreada

Todas as conexões elétricas nas suas superfícies geram a formação de óxidos devido à ação do oxigênio contendo água que existe na atmosfera, a IGC220 produzido pela empresa IMPLASTEC é uma solução química para este problema envolvendo más conexões. Conforme orientação do fabricante, pode-se aplicar em diversas composições como: cobre/cobre; cobre/alumínio; latão/cobre e cobre/aço. Uma má conexão elétrica pode gerar faíscas ou rompimento da conexão elétrica causando com esse fato uma parada corretiva. Com a utilização desta pasta elimina-se a possibilidade da existência de água no ponto de conexão e portanto evita-se a parada corretiva para o equipamento. Os pontos que fazem com que se deva utilizar esta pasta seriam:

- a) Reduzir problemas para más conexões;
- b) Impedir a erosão dos contatos;
- c) Diminuir o aquecimento elevado das conexões;
- d) Promover a estabilidade a presença de água;
- e) Propiciar a maior qualidade e durabilidade para suas conexões;
- f) Agregar maior segurança para a instalação.

Suas especificações são:

Marca: IMPLASTEC;

Composição: Veículo Sintético / Cobre Coloidal;

Aparência: Pastosa;

Ponto De Gota: Inexistente;
Estabilidade à água: Estável;
Consistência NLGI: 2;
Penetração: 265-295 (1/10 mm);
Cor: Cobre brilhante;

Antes da aplicação, as superfícies devem ser limpas com solventes à base de hidrocarbonetos como querosene, entre outros utilizados para a mesma prática. Devido às suas propriedades, é de fácil bombeamento, a rápida aplicação da IGC 220 é possibilitada por meio de pistolas, graxeiros manuais (ou pincéis) e lubrificadores pneumáticos. Os intervalos de lubrificação deverão ser determinados conforme as condições de trabalho.

Basicamente a pasta a base de cobre (Figura 17) tem como função ser uma ferramenta química contra a corrosão e, assim, diminuir as paradas corretivas de equipamento, disponibilizando assim para a operação. Já as paradas preditivas terão ciclos mais regulares e sua eficiência mais eficaz. Devido a uma estreita colaboração entre os departamentos de manutenção e produção, pode-se traduzir na utilização rapidamente novas tecnologias em produtos inovadores.



Figura 17 - Pasta a base de cobre IGC220.

1.3.6. Eficiência de Manutenção em Termos de Paradas

As indústrias em geral têm se preocupado muito com perda de produção e consequentemente produtividade. A manutenção impacta diretamente na produção. Para medir o impacto das paradas de manutenção na eficiência da produção, criaram-

se diversos indicadores da capacidade da manutenção na produção (BRANCO, FILHO. GIL., 2006).

Para obter a medição da capacidade da manutenção é citado diversos indicadores de manutenção, que visam aumentar a disponibilidade do equipamento (BRANCO, FILHO. GIL., 2006). Sendo estes indicadores:

- MTBF (*Mean Time Between Fail*) ou TMEF que é “a média aritmética dos tempos existentes entre o fim de uma falha e início de outra falha (da próxima falha) em equipamentos reparáveis”, ou seja, é a média aritmética dos tempos de funcionamento de máquinas, contados desde a colocação da ponte rolante em funcionamento, após a correção da falha.

- MTTF (*Mean Time to Fail*), ou TMPF que é o tempo médio para falha, significa “A média aritmética dos tempos, desde a entrada em funcionamento até a falha, de componentes ou máquinas não reparáveis. O componente ou equipamento é descartado após a falha”.

Vários outros indicadores existem, tais como TMPR (Tempo médio para o reparo), TMMP (Tempo médio de manutenção preventiva), TMRF (Tempo médio para restaurar a função), TFO (Tempo de falha observado), NMCT (Número de manutenções corretivas totais), TXRP (Tempo de reparo total), CONF (Confiabilidade), OEE (Eficiência global do equipamento), e diversos outros indicadores de manutenção. Porém, procurou-se trabalhar com apenas dois indicadores para aferir a eficiência do experimento com pasta a base de cobre (MTBF e MTTF).

A existência da complexidade do ambiente siderúrgico, tendo em vista departamentos subdivididos como automação, elétrica, instrumentação e tecnologia da informação são tratados por diferentes gestores na estrutura organizacional da empresa. A mineração de dados é capaz de evidenciar padrões e auxiliar a descoberta de conhecimento de muita valia aos gestores da empresa e o processamento analítico traz a visão de múltiplas perspectivas própria para análises comparativas. Com estas informações a indústria tem condições de atuar na causa dos problemas mais importantes e direcionar seus atendimentos/investimentos com maior precisão, a fim de evitar o mau uso de recursos. Os equipamentos necessários para a operação das fábricas, por exemplo, têm custo alto e complexidade de atualização, o que torna inviável sua substituição com pouco tempo de vida útil. Assim, a empresa precisa trabalhar com planos rigorosos de manutenção para garantir o funcionamento adequado. Com a tabela 1 e demonstra-se na figura 18 a disponibilidade operacional.

Já na tabela 2 fica evidenciado as paradas de equipamento provocadas por manutenção, conforme figura 19, tem-se a necessidade de manter uma melhoria na gestão dos serviços de manutenção.

Tabela 1 Indicador de Disponibilidade %
(Fonte: ABRAMAN 2013).

INDICADOR DE DISPONIBILIDADE %		
	EVENTO	DISPONIBILIDADE OPERACIONAL
1	1997	85,82
2	1999	89,3
3	2001	91,36
4	2003	89,48
5	2005	88,2
6	2007	90,82
7	2009	90,27
8	2011	91,3
9	2013	89,29



Figura 18 - Disponibilidade em % Manutenção (Fonte: ABRAMAN 2013).

Tabela 2 Indicador de Indisponibilidade devido Manutenção
(Fonte: ABRAMAN 2013).

Indicadores de disponibilidade %		
EVENTO		INDISPONIBILIDADE DEVIDO A MANUTENÇÃO
1	1997	4,74
2	1999	5,63
3	2001	5,15
4	2003	5,82
5	2005	5,8
6	2007	5,3
7	2009	5,43
8	2011	5,44
9	2013	6,15

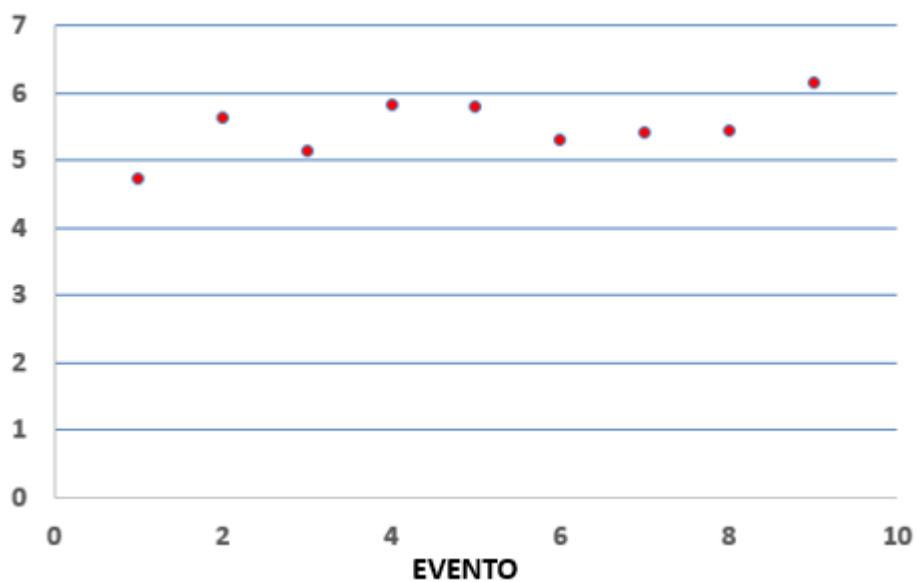


Figura 19- Indisponibilidade em % devido a Manutenção (Fonte: ABRAMAN 2013).

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 Material

O material utilizado está apresentado nos itens de 2.1.1 até 2.1.13.

2.1.1 Sapata Coletora

A Sapata coletora (Figura 20) foi desenvolvida na escola técnica Aristóteles Ferreira localizada em Santos.

Dados:

Material: ferro fundido cinzento;

Dimensões:

Comprimento: 70 mm;

Largura: 160 mm;

Espessura: 13 mm;

Massa: 1 kg;



Figura 20 - Sapata Coletora.

2.1.2 Fresa

Fresa (Figura 21) equipamento utilizado para confecção da sapata coletora desenvolvida na escola técnica Aristóteles Ferreira localizada em Santos.

Dados:

Fabricante: VEKER

Modelo VK 420i

Precisão de 0,02 mm.

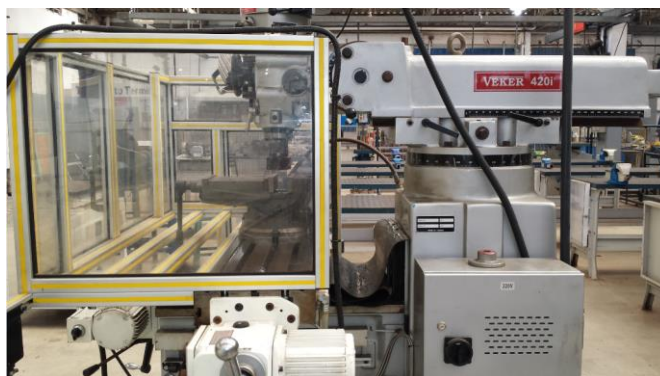


Figura 21 - Fresa VEKER 420i.

2.1.3 Retífica

Retífica (Figura 22) equipamento utilizado para confecção da sapata coletora desenvolvida na escola técnica Aristóteles Ferreira localizada em Santos.

Dados:

Fabricante: MELLO

Modelo: Retificadora Plana Mello P-36;

Precisão de 0,005 mm.



Figura 22 - Retificadora Plana Mello P-36.

2.1.4 Cordoalha

As cordoalhas (Figura 23) foram desenvolvida na escola técnica ETEC Aristóteles Ferreira localizada em Santos.

Dados:

Material: cobre trançado;

Dimensões:

Comprimento: 218 mm;

Largura: 30 mm;

Capacidade de corrente: 300 A;



Figura 23 - Cordoalha de cobre trançado.

2.1.5 Tubos para confecção de terminais para conexão elétrica

Tubos de cobre para confecção de terminais para conexão elétrica nas cordoalhas (Figura 24) foram desenvolvida na escola técnica ETEC Aristóteles Ferreira localizada em Santos.

Dados:

Material: tubo de cobre

Diâmetro interno 25,4 mm;

Comprimento: 36 mm;

Largura: 28 mm;

Capacidade de corrente: 300A;



Figura 24 - Tubos para confeccionar terminais.

2.1.6 Pasta a base de cobre

Pasta a base de cobre (Figura 25) utilizado nas experiências desta dissertação.

Dados:

Fabricante: IMPLASTEC;



Figura 25 - Pasta a base de cobre.

2.1.7 Resistor

Resistor de fio de níquel (Figura 26) para limitar o valor pré definido de corrente que irá passar no circuito.

Dados:

Fabricante: ELETELE;

Material: fio de níquel cromo;

Resistência elétrica: 96,7 Ω ;

Potência: 200 W



Figura 26 - Resistor 96,7 Ohm.

2.1.8 Fonte DC

Fonte de Alimentação (Figura 27) que irá fornecer a tensão aplicada ao circuito.

Dados:

Fabricante: INSTRUTHER DC POWER SUPPLY FA – 3003;

Tensão: 30 Vcc

Corrente: 1 A



Figura 27 - Fonte de Alimentação.

2.1.9 Os cabos para conexão

Cabo elétrico (Figura 28) utilizado nas interligações necessárias do circuito a ser montado.

Dados:

Fabricante: Sil;

Secção transversal 1,5 mm²;

Capacidade de Corrente: 15,5 A



Figura 28 - Cabos para conexão.

2.1.10 Multímetro

Multímetro (Figura 29) será utilizado para medir corrente contínua no circuito.

Dados:

Fabricante: Minipa;

Modelo: ET- 2042 D;

Categoria: II;

Tensão Contínua: 2; 20; 200Vcc;

Corrente Contínua: 0,02; 0,2A;

Resistência: 200 Ω ;

Precisão: 2 dígitos;



Figura 29 - Multímetro ET- 2042 D.

2.1.11 Alicate amperímetro

Alicate Amperímetro automotivo (Figura 30) será utilizado para medir corrente contínua no circuito.

Dados:

Fabricante: Minipa;

Modelo: Alicate Amperímetro Automotivo MA-40;

Categoria: III;

Tensão: 600 Vcc;

Corrente: 4; 40A;

Precisão: três dígitos;



Figura 30 - Alicate Amperímetro.

2.1.12 Termovisor

Termovisor (Figura 31) utilizado para medir temperatura nos pontos de conexão.

Dados:

Fabricante: Fluke;

Modelo: VT 04;

Categoria: industrial;

Medições de Temperatura: escala ate de 65°C;

Precisão: $\pm 2^{\circ}\text{C}$



Figura 31 - Termo visor Fluke modelo VT 04.

2.1.13 Microscópio Ótico

Microscópio Ótico (Figura 32) utilizado para a verificação ou não da corrosão.

Dados:

Fabricante: Olympus;

Modelo: BX 60M;

Escala 300x.



Figura 32 - - Microscópio Ótico OLYMPUS BX60M.

2.2. Método

Através de um cilindro maciço de ferro fundido, foi feita uma peça (Figura 20), para a confecção desta peça foi passado em uma fresa e retífica (Figuras 21 e 22) com a finalidade de deixar a peça o mais polida possível e assim impedir a presença de minúsculas fissuras evitando assim a presença do ar, sendo a existência do ar com umidade um dos principais motivos para a existência da corrosão. Após a confecção desta peça foram feitos pontos de fixação com macho para conexões sem a necessidade de porcas como é feito no local original da Ponte Rolante para evitar que a vibração e o tempo as porcas se soltem. Estando feito a sapata com as dimensões pré-estabelecidas, foi confeccionado as cordoalhas com as dimensões de 218mm de comprimento 30mm de largura com terminais e após ser prensado e estanhado (Figuras 33 e 34). Deve-se salientar que os furos de 5mm e 8mm foram feitos após o terminal estar prensado e com solda interna, melhorando ainda mais o contato entre a sapata desenvolvida e os cabos conectados na cordoalha (Figura 33).



Figura 33 - Cordoalhas completas com furação para conexão.



Figura 34 - Cordoalhas completas com cabos.

Após ser feito a confecção de sapata e cordoalha foi fixado à sapata na área externa para se fazer ensaios (Figura 35). Montado o circuito (Figura 36), onde a corrente total seria a somatória de duas correntes, uma seria a corrente que passa pela cordoalha onde os pontos de conexão não possuem a pasta a base de cobre e a outra onde foi colocada a pasta de cobre conforme a figura 37 e com 60 medições em 30 dias ininterruptos, visando melhorar com este fato a qualidade energética.



Figura 35 - Conjunto fixado em área externa.

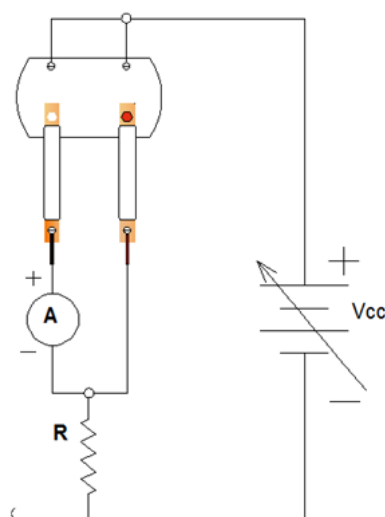


Figura 36 - Circuito a ser seguido com o conjunto em área externa.

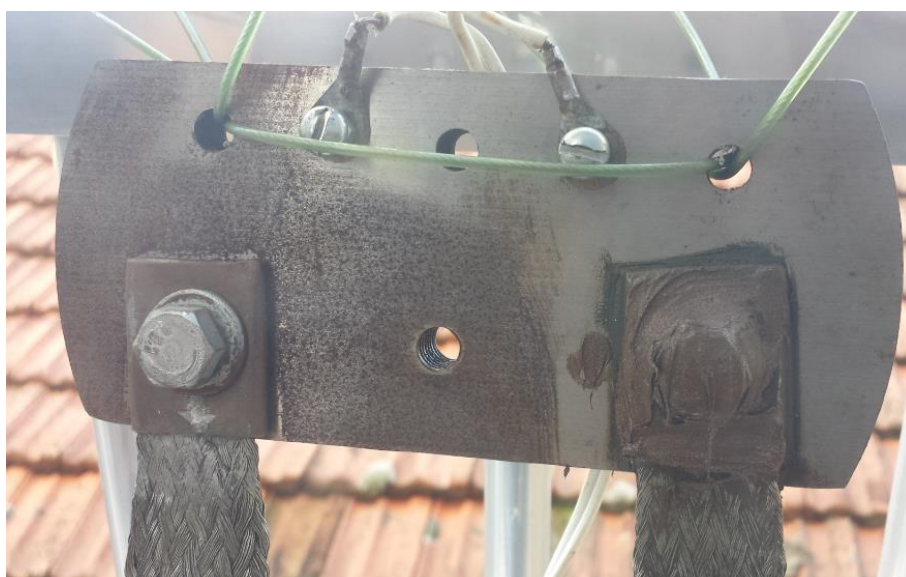


Figura 37 - Ponto de conexão com pasta a base de cobre.

Os ensaios foram feitos em dois momentos do dia, sendo que no período da manhã (6:00h) e no período da tarde (17:00h). As medidas mais relevantes foram colocadas como amostragem e desenvolvido assim um gráfico que seria analisado posteriormente. Todavia com o passar dos dias houve uma observação sobre o experimento, pois com o clima modificando 3 vezes por dia em relação a umidade (chuva) e temperatura variável, não se tinha controle total do experimento, foi retirado o conjunto do meio externo e colocado o conjunto dentro de um local onde teria maior controle sobre o ambiente (Figura 38). Com esta alteração de local onde não teria a alteração brusca de umidade, também deve se salientar a identificação no cabo com

identificação de cor vermelha para não haver erros em pontos de medição o qual fica visível (Figura 39).



Figura 38 - Montagem de circuito dentro de área controlada.



Figura 39 - Identificação para não ocorrer erros de pontos de medição.

Neste momento foram feitas novas medições de temperatura e corrente, novamente foi observado que não se obteve valores com medidas relevantes de temperatura com o medidor termo visor Fluke modelo VT 04 (Figura 40 e 41), pois não teve alteração de temperatura nos locais da conexão descartando assim a medida de temperatura.



Figura 40 - Medição de temperatura com o Termovisor sem pasta.



Figura 41 - Medição de temperatura com o Termovisor com pasta.

Mesmo os valores de corrente apareciam sem precisão, pois para cada uma das duas medidas que se fazia em cada horário pré-definido, tinha que ser desconectado os cabos e utilizado o multímetro fabricante Minipa modelo ET 2042 D para se medir corrente (Figura 42), foi então trocado o aparelho que fornecia os valores medidos de corrente que além de não haver a necessidade de desconectar os cabos, este novo aparelho Minipa modelo Alicate Amperímetro Automotivo MA-40 possui três dígitos abaixo da unidade de medida (Ampere) (Figuras 43 e 44).

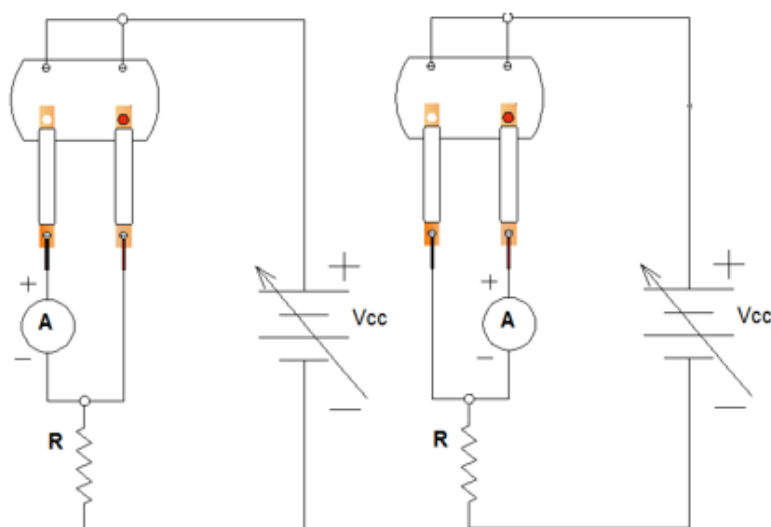


Figura 42 - Modelo para Medições de corrente contínua com o Multímetro.



Figura 43 - Medições de Corrente contínua sem pasta.



Figura 44 - Medições de Corrente contínua com pasta.

Foram feitas medições e montado a tabela 3, neste momento utilizando os valores obtidos na tabela 3 foi desenvolvido um gráfico conforme figura 45. Com os dados obtido na tabela 3 foi montado a tabela 4 que é as diferenças das correntes (I_D) entre a corrente que circula no circuito pertencente ao ponto sem pasta (I_{sp}) e a corrente que circula no circuito do ponto com pasta (I_{cp}) e assim desenvolvido como

exemplo o gráfico que está demonstrado na figura 46, novamente cria-se uma tabela onde tem-se a corrente base (I_b) para tomar e com os valores obtidos desenvolvido gráficos nas figuras de 47 até 50. Através dos valores das tabelas foi utilizado equações e assim cálculos para se obter valores em porcentagem com os quais fazer uma comparação com o equipamento que serviu como base para essa dissertação.

Posteriormente foi desenvolvido mais experimentos com a utilização de dois produtos químicos, tirado fotos para comprovar a existência de corrosão, também a utilização no laboratório de Metalografia da Universidade Santa Cecília o uso de um Microscópio Ótico modelo OLYMPUS BX60M comprovando os experimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Resultados

Na tabela 3 tem-se os valores de corrente nos pontos de conexão onde existe a aplicação da pasta de cobre e o ponto onde não foi aplicado a pasta.

Com os valores obtidos posteriormente foi feito um gráfico que está demonstrado na figura 45.

Tabela 3 Acompanhamento de ensaios referente a corrente.

EVENTO	DATA DE EXPERIMENTO	VALORES DE CORRENTE MEDIDOS [A]	
		SEM PASTA	COM PASTA
1	08/04/2018	0,163	0,159
2	09/04/2018	0,165	0,159
3	10/04/2018	0,164	0,159
4	11/04/2018	0,165	0,159
5	12/04/2018	0,165	0,160
6	13/04/2018	0,166	0,160
7	14/04/2018	0,167	0,161
8	15/04/2018	0,166	0,161
9	16/04/2018	0,167	0,162
10	17/04/2018	0,167	0,162
11	18/04/2018	0,167	0,163
12	19/04/2018	0,168	0,163
13	20/04/2018	0,170	0,164
14	21/04/2018	0,170	0,165
15	22/04/2018	0,168	0,164
15	23/04/2018	0,169	0,165

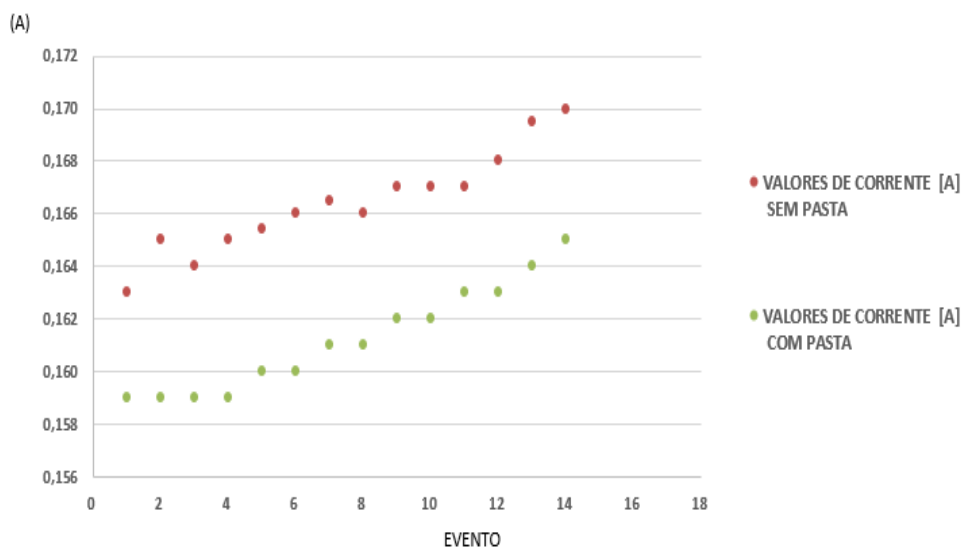


Figura 45 - Resultado dos Ensaio.

Tomando como base o valor inicial de corrente no ponto de conexão com pasta, retirado da tabela 4 foi feito a diferença entre os valores e dos dois pontos conforme equação 15, e assim cria-se a tabela 4 seguido na figura 46 que se tem a variação da corrente.

$$DI = I_{sp} - I_{cp} \quad (15)$$

Sendo:

DI a Diferença de corrente;

I_{sp} a Corrente em ponto sem pasta;

I_{cp} a Corrente em ponto com pasta.

Tabela 4 Diferença de Correntes (A).

EVENTO	DATA DE EXPERIMENTO	SEM PASTA (sp)	COM PASTA (cp)	DI = I _{sp} -I _{cp}
1	08/04/2018	0,163	0,159	0,004
2	09/04/2018	0,165	0,159	0,006
3	10/04/2018	0,164	0,159	0,005
4	11/04/2018	0,165	0,159	0,006
5	12/04/2018	0,165	0,160	0,005
6	13/04/2018	0,166	0,160	0,006
7	14/04/2018	0,167	0,161	0,006
8	15/04/2018	0,166	0,161	0,005
9	16/04/2018	0,167	0,162	0,005
10	17/04/2018	0,167	0,162	0,005
11	18/04/2018	0,167	0,163	0,004
12	19/04/2018	0,168	0,163	0,005
13	20/04/2018	0,170	0,164	0,006
14	21/04/2018	0,170	0,165	0,005

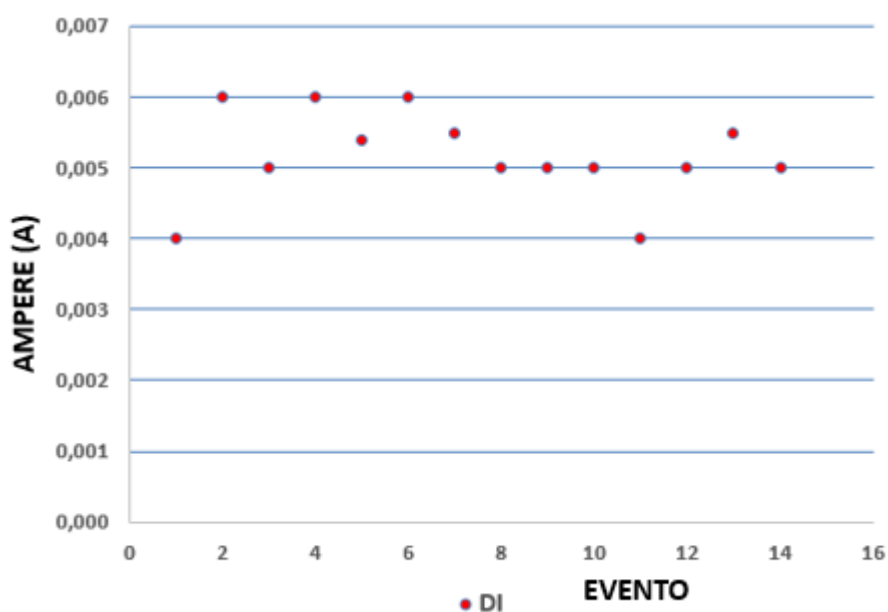


Figura 46 - Diferença de Correntes.

Observa-se que na tabela 4 os primeiros valores de corrente se repetem na 4ª coluna da esquerda para direita (medido no ponto com pasta), este valor será utilizado como referência de como exemplo de um motor ou seja corrente de base (I_b), obtiveram-se valores em porcentagem com a equação 16, com esses valores obtidos montou-se a tabela 5 onde se tem valores em porcentagem. Na figura 47 onde fica evidenciado o aumento da resistência de contato.

$$VPDI = \frac{DI \times 100\%}{I_b} \quad (16)$$

Em que:

VPDI é o Valor em Porcentagem da Diferença de Corrente;

DI é a Diferença de corrente na unidade Ampere (A);

I_b é a Corrente de Base na unidade Ampere (A).

Tabela 5 Diferença de Correntes (%).

EVENTO	VPDI			
	I _{sp} (A)	I _b (A)	DI(A) = I _{sp} -I _b	EM PORCENTAGEM
1	0,163	0,159	0,004	2,5
2	0,165	0,159	0,0060	3,8
3	0,164	0,159	0,0050	3,1
4	0,165	0,159	0,0060	3,8
5	0,165	0,159	0,0064	4,0
6	0,166	0,159	0,0070	4,4
7	0,167	0,159	0,0075	4,7
8	0,166	0,159	0,0070	4,4
9	0,167	0,159	0,0080	5,0
10	0,167	0,159	0,0080	5,0
11	0,167	0,159	0,0080	5,0
12	0,168	0,159	0,0090	5,7
13	0,170	0,159	0,0105	6,6
14	0,170	0,159	0,0105	6,6

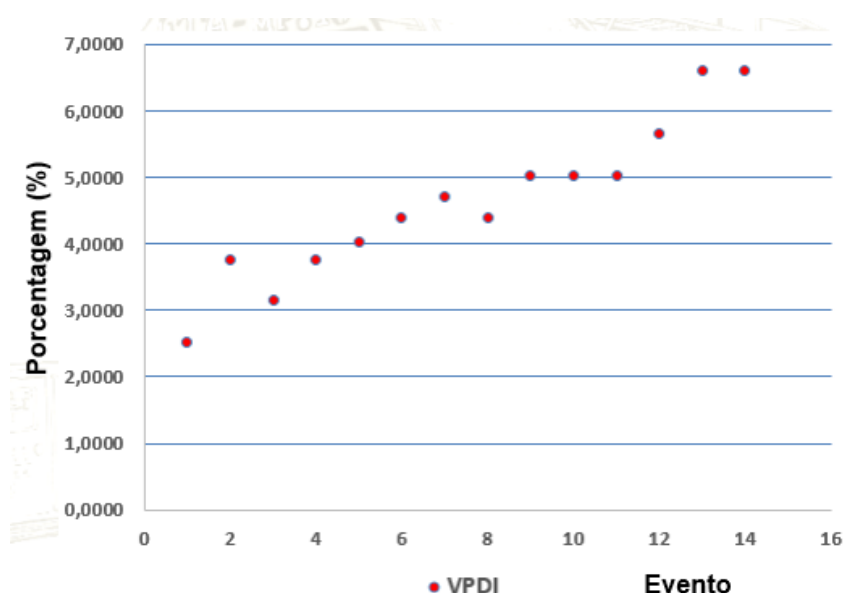


Figura 47 - Valores de Porcentagem do ponto sem pasta.

Também foi feito a diferença das correntes entre a corrente no ponto com a pasta a base de cobre e a corrente de base, este dado se encontra na tabela 6.

$$VPDI = \frac{DI \times 100\%}{I_b} \quad (17)$$

Em que:

VPDI é o Valor em Porcentagem da Diferença de Corrente;

DI é a Diferença de corrente na unidade Ampere (A);

I_b é a Corrente de Base na unidade Ampere (A).

Tabela 6 Diferença de Correntes (A) entre Com Pasta e a Corrente Base.

EVENTO	DI em Porcentagem			
	I _{cp} (A)	I _b (A)	DI = I _{cp} -I _b (A)	VPDI
1	0,159	0,159	0,0000	0,0
2	0,159	0,159	0,0000	0,0
3	0,159	0,159	0,0000	0,0
4	0,159	0,159	0,0000	0,0
5	0,160	0,159	0,0010	0,6
6	0,160	0,159	0,0010	0,6
7	0,161	0,159	0,0020	1,3
8	0,161	0,159	0,0020	1,3
9	0,162	0,159	0,0030	1,9
10	0,162	0,159	0,0030	1,9
11	0,163	0,159	0,0040	2,5
12	0,163	0,159	0,0040	2,5
13	0,164	0,159	0,0050	3,1
14	0,165	0,159	0,0060	3,8

Com os valores em porcentagem obteve-se a figura 48.

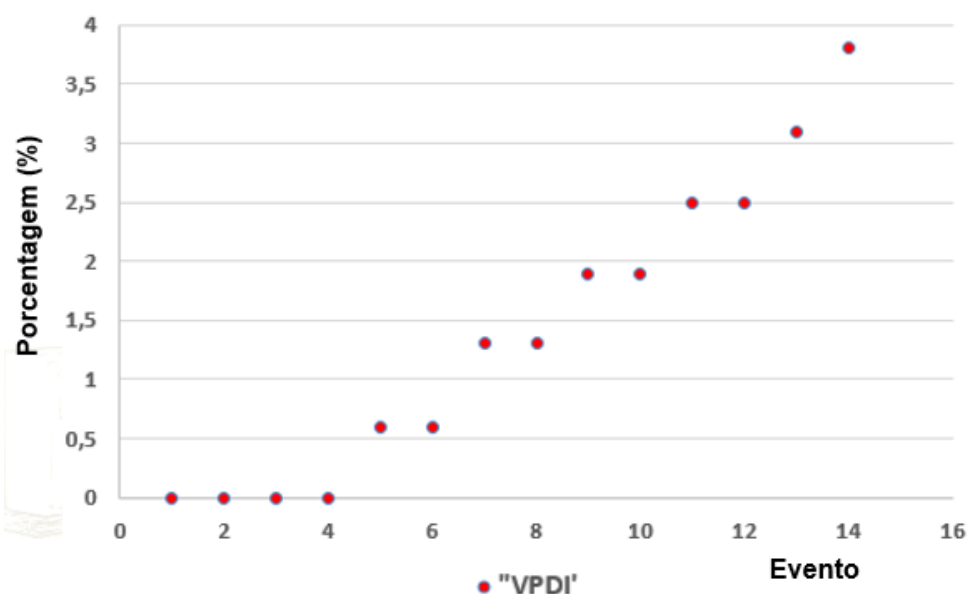


Figura 48 - Percentual da corrente Com Pasta.

Tomando como referência a corrente de 3kA do equipamento de onde se originou o tema desta dissertação consegue-se fazer a tabela 7 e tabela 8 onde se tem os valores corrigidos por percentual obtido com os experimentos.

Tabela 7 Valores de Correntes utilizando valores percentuais dos experimentos com pasta.

EVENTO	Valores em porcentagem da Corrente de Base	Corrente de Base (A)	Valores em Corrente Ponto Com Pasta(A)
1	0,0	3000	3000
2	0,0	3000	3000
3	0,0	3000	3000
4	0,0	3000	3000
5	0,6	3000	3019
6	0,6	3000	3019
7	1,3	3000	3038
8	1,3	3000	3038
9	1,9	3000	3057
10	1,9	3000	3057
11	2,5	3000	3075
12	2,5	3000	3075
13	2,5	3000	3075
14	3,1	3000	3094

Tabela 8 Valores de Correntes utilizando valores percentuais dos experimentos sem pasta.

EVENTO	Valores em porcentagem da Corrente de Base	Corrente de Base (A)	Valores em Corrente Ponto Sem Pasta(A)
1	2,5	3000	3075
2	3,8	3000	3113
3	3,1	3000	3094
4	3,8	3000	3113
5	4,0	3000	3121
6	4,4	3000	3132
7	4,7	3000	3142
8	4,4	3000	3132
9	4,5	3000	3135
10	5,0	3000	3151
11	5,0	3000	3151
12	5,7	3000	3170
13	6,6	3000	3198
14	6,9	3000	3208

Com os dados das tabelas 8 e 9 deram origem aos gráficos que estão demonstrados nas figuras 49 e 50, evidenciando a variação maior para o ponto onde não se tem a pasta aplicada.

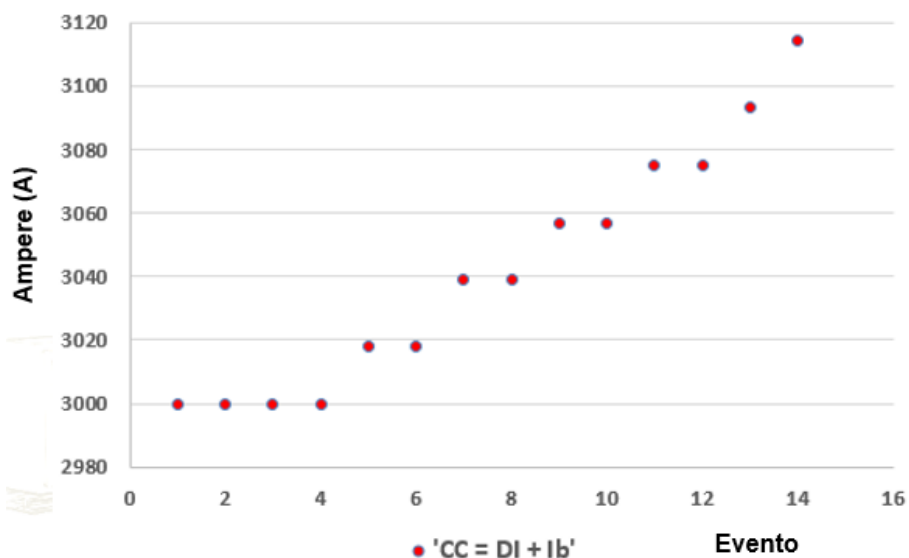


Figura 49 - Corrente Real Com pasta.

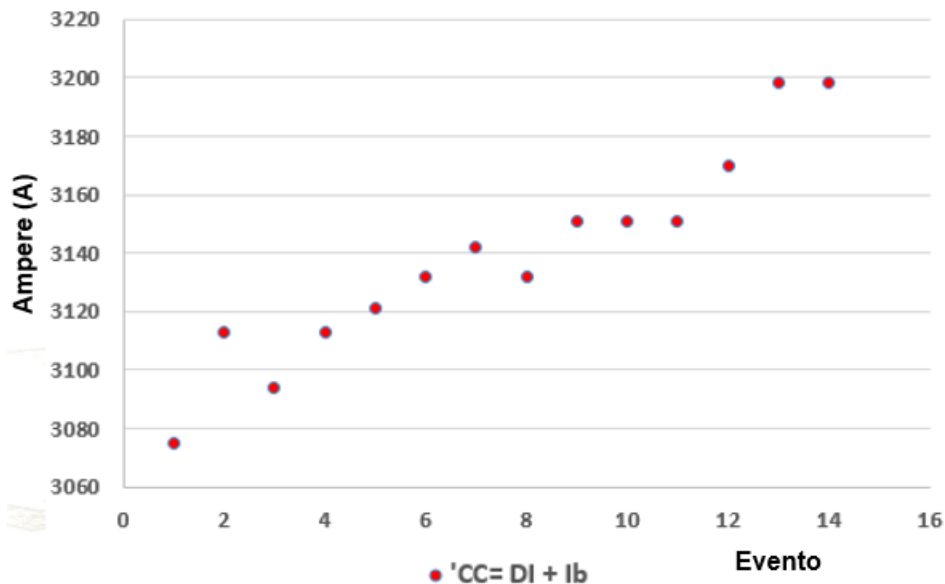


Figura 50 - Corrente Real Sem Pasta

Após o primeiro experimento foram feitos 4 novos experimentos desta vez utilizando dois reagentes:

- K3 [Fe (CN)6] Ferricianeto de potássio (Figura 51);
- Fenolftaleína (Figura 51), para demonstrar os pontos de corrosão.

Os ensaios foram feitos em três pontos de conexão:

- a) Um ponto com conexão com arruela de latão;
- b) Um segundo ponto somente com o parafuso;
- c) Um terceiro ponto com arruela de aço.

O primeiro experimento foi realizado com alimentação de fonte de tensão contínua e colocado reagentes (Figura 51).

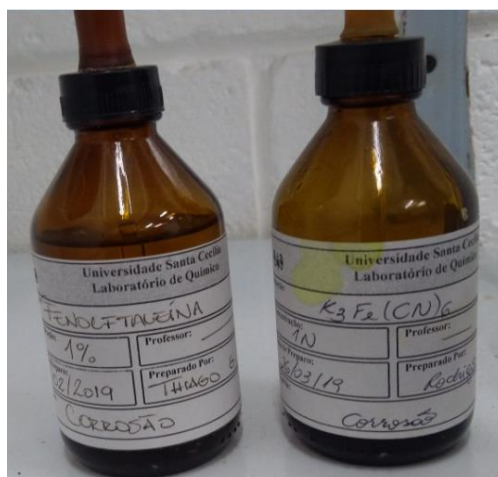


Figura 51 - Fenolftaleína e Ferricianeto de Potássio.

Neste primeiro experimento existe a passagem da corrente mas como se pode observar na figura 52, nas figuras 53 a 55 tem-se a corrosão em cada ponto de conexão sinalizado.



Figura 52 - Início primeiro experimento com reagentes.



Figura 53 - Primeiro ponto de conexão.



Figura 54 - Segundo ponto de conexão.



Figura 55 – Terceiro ponto de conexão e final do primeiro experimento.

No segundo experimento foi feita a mesma montagem e utilizado os dois reagentes químicos , todavia sem alimentação de fonte (Figura 56 a 60).



Figura 56 - Início do segundo experimento.



Figura 57 - Demonstração da reação dos agentes.



Figura 58 - Conexão com arruela de aço e parafuso.



Figura 59 - Conexão somente o parafuso.



Figura 60 – Sem parafuso e arruela de latão.

No terceiro experimento ocorre a mesma montagem e alimentação do circuito com tensão contínua porém foi colocado a pasta no ponto de conexão com arruela de aço (Figura 61 a 65).



Figura 61 - Início do terceiro experimento ponto de conexão com a pasta.

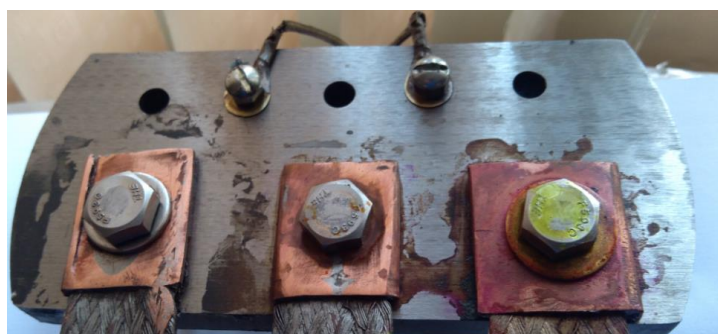


Figura 62 - Experimento com reagentes atuando nos pontos de conexão.



Figura 63 - Terceiro experimento primeiro ponto de conexão.

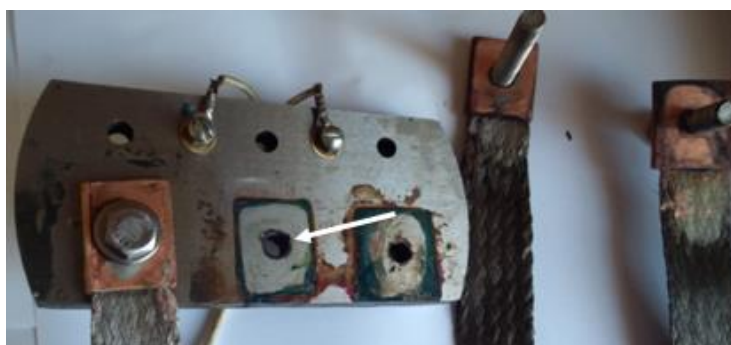


Figura 64 - Terceiro experimento segundo ponto de conexão.



Figura 65 - Terceiro experimento e o terceiro ponto de conexão.

No último experimento com aplicação dos reagentes químicos sem a alimentação de tensão contínua e com a pasta ponto de conexão com arruela de aço (Figura 66 a 70).

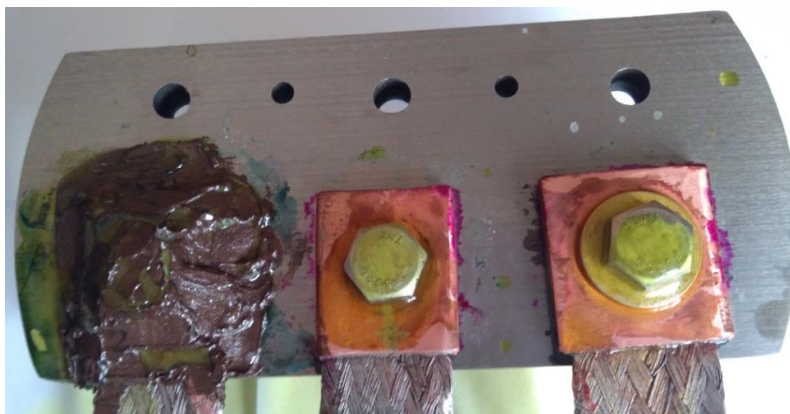


Figura 66 - Início do quarto experimento.



Figura 67 - Primeiro ponto de conexão com parafuso e arruela de latão.



Figura 68 - Quarto experimento segundo ponto de conexão.



Figura 69 - Quarto experimento retirado a pasta do terceiro ponto de conexão.



Figura 70 - Quarto experimento terceiro ponto de conexão sem conexões.

Após o quarto experimento foi utilizado o **Microscópio Ótico OLYMPUS BX60M** no laboratório de Metalografia localizado na Unisanta para verificar a existência ou não de corrosão na sapata coletora em teste, conforme figuras 71 a 74.

Na figura 71 foi criado um segmento para tomar como parâmetro e demonstrar a corrosão nas próximas figuras.

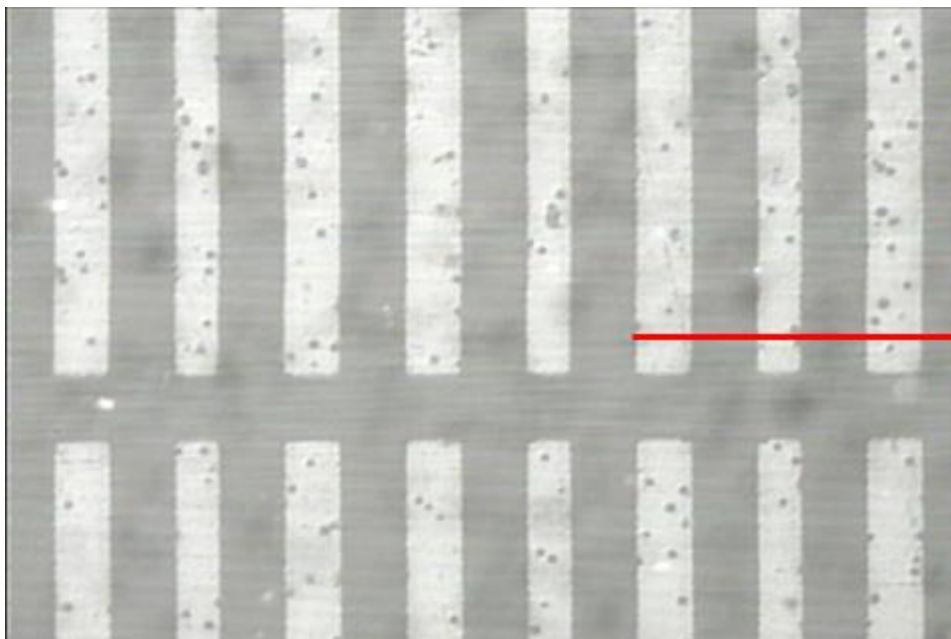


Figura 71 - Barra de Escala do Microscópio Ótico 30 µm.

A tonalidade diferenciada na figura 72 demonstra que é a corrosão mais grave dos três pontos analisados no experimento.



Figura 72 - Corrosão agressiva em Ponto de conexão com arruela de latão.

Já na figura 72 a tonalidade é mais branda demonstrando que possui corrosão mais moderada dos três pontos analisados no experimento.

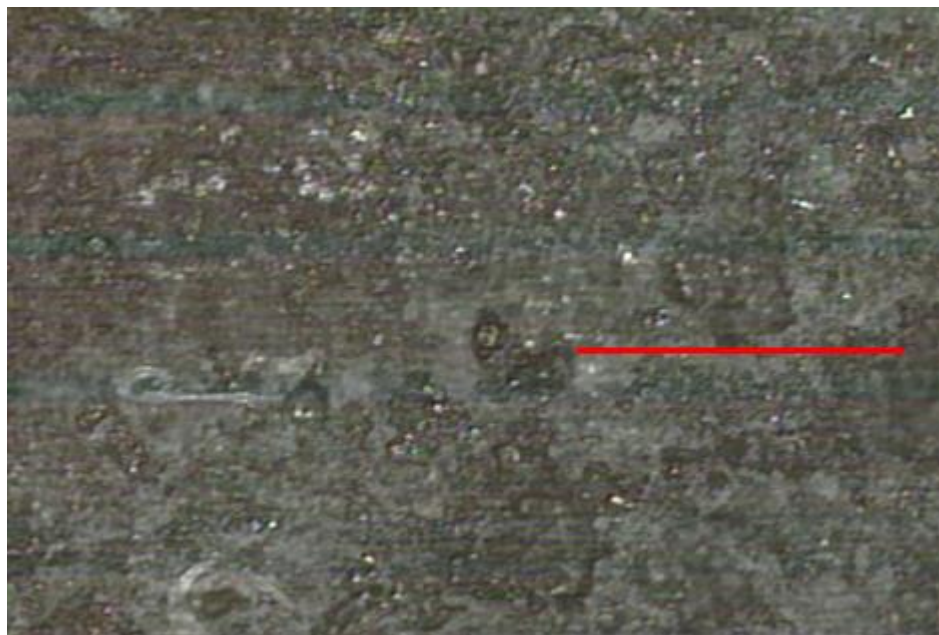


Figura 73 - Corrosão intermediária em Ponto de conexão somente parafuso.

No terceiro ponto de conexão onde é possível observar (Figura 74) que apesar de se ter utilizado a pasta a base de cobre ainda existe uma corrosão leve.

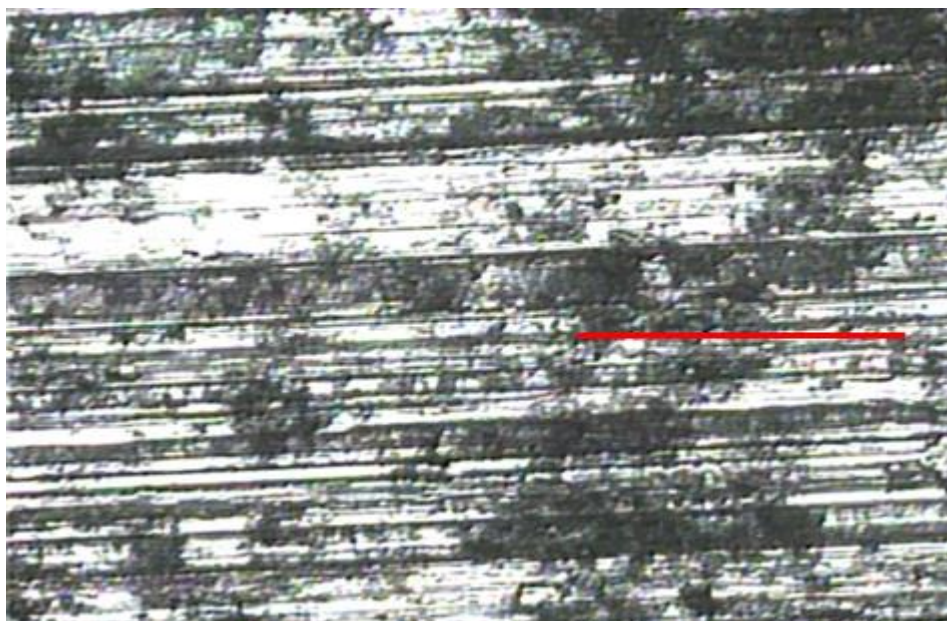


Figura 74 - Corrosão leve em Ponto de conexão com arruela de aço.

Com o desenvolver dos ensaios foram feitas 160 medições do primeiro experimento, todavia devido a não ter controle sobre o meio que foi desenvolvido (ambiente externo) o experimento foi descartado e feito novo experimento em local

controlado e preparado para tal, no qual foram feitas várias medições onde destes valores foi construído um gráfico com valores relevantes onde se observa o aumento de corrente em pontos onde não houve aplicação da pasta em questão.

Após o segundo experimento foi desenvolvido mais quatro ensaios em local controlado utilizando reagentes em três pontos distintos que comprovam a eficácia da pasta em amenizar a corrosão. Comprovado através do **Microscópio Ótico OLYMPUS BX60M**.

3.2. Discussão

Pode-se salientar que o método para demonstrar a existência de corrosão foi comprovada através de histórico fotográfico, e que com a utilização da pasta houve a diminuição da corrosão na conexão elétrica da sapata desenvolvida.

CONCLUSÃO E SUGESTÕES

4.1. Conclusão

- a. Uma das maneiras de se diminuir a corrosão em pontos de conexão elétrica em que fica sujeito ao meio ambiente seria a redução da influência do ar, pois reduz também a umidade que é um dos fatores para o aparecimento de corrosão;
- b. A técnica aplicada traria grandes benefícios para as indústrias em geral, pois a corrosão é um dos grandes problemas e desafios a serem enfrentados para obter-se a competitividade no mercado;
- c. Pode ser utilizado em geral em sistemas de alimentação de unidades consumidoras. Independente qual seja a fonte de energia observada, a diminuição da ação do meio ambiente causaria a diminuição da necessidade de aumento de produção de energia elétrica na fonte, observando neste caso as fontes alternativas tem um foco diferenciados de energia elétrica prevendo a exposição das conexões de baterias ao meio ambiente, poderá haver perdas mesmo que pequena;

- d. Pode-se também utilizar este sistema em SPDA (Sistema de Proteção contra Descarga Atmosférica) em pontos de conexão, podendo com isto diminuir corrosão nos pontos de conexão;
- e. Também a sua utilização em conexões de bateria de carros elétricos ou híbridos nas conexões entre baterias.

4.2. Sugestões

Visando a continuidade do estudo sugere-se:

- a. Para outras dissertações deverá ser utilizado um torquímetro para constatar que cada parafuso sofreu o mesmo torque de aperto;
- b. A eficiência energética com uso de outros tipos de pastas, pois são cada vez mais procuradas em nosso país e no mundo;
- c. Aplicação desta técnica também em equipamentos com fontes de energia alternativa e não poluentes, deve-se procurar meios para se obter valores de perda energia em forma de calor tendendo a zero;
- d. Sua utilização em sistema de SPDA preservando assim o sistema para ter mais eficiência em um período de um ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000. Disponível em: . Acesso em 06 out. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRANCO FILHO, GIL, **Índices De Manutenção- ISBN: 8573934913**, Editora Ciência Moderna, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.l

CANALE, L.C.F; ROLLO, J.M.D.A 1993 **Aços inoxidáveis de transformação controlada. Metalurgia e Materiais**, São Paulo, SP, v. 49, n. 413, p. 23-27, 1993.

KARL, E. K.: **The History of the Theory of Structures: Searching for Equilibrium** 2a ed. 2018 pg 553. Acesso em 15 out. 2019.

GENTIL,V., **Corrosão, Livros Técnicos e Científicos Editora, 3a ed.**, 1996 Handbook of Cathodic Protection – Theory and Practice of Electrochemical Protection Processes, W.vonBaeckmann, W.Schwenk, W.Prinz, Gulf Publishing Company, 3a ed., 1997.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

L. C. L, FRANCISCO-D. S. M, MICHEL-C. S. M, HENRIQUE-M. S, LUAN-L G. L, FRANCISCO **Análise quantitativa da perda de massa por oxidação em barras de aço carbono CA-50: uma proposta metodológica para a contextualização do estudo da corrosão em cursos de engenharia civil/FS**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 5, p.28561-28575 May. 2020.

Revista Fator Brasil

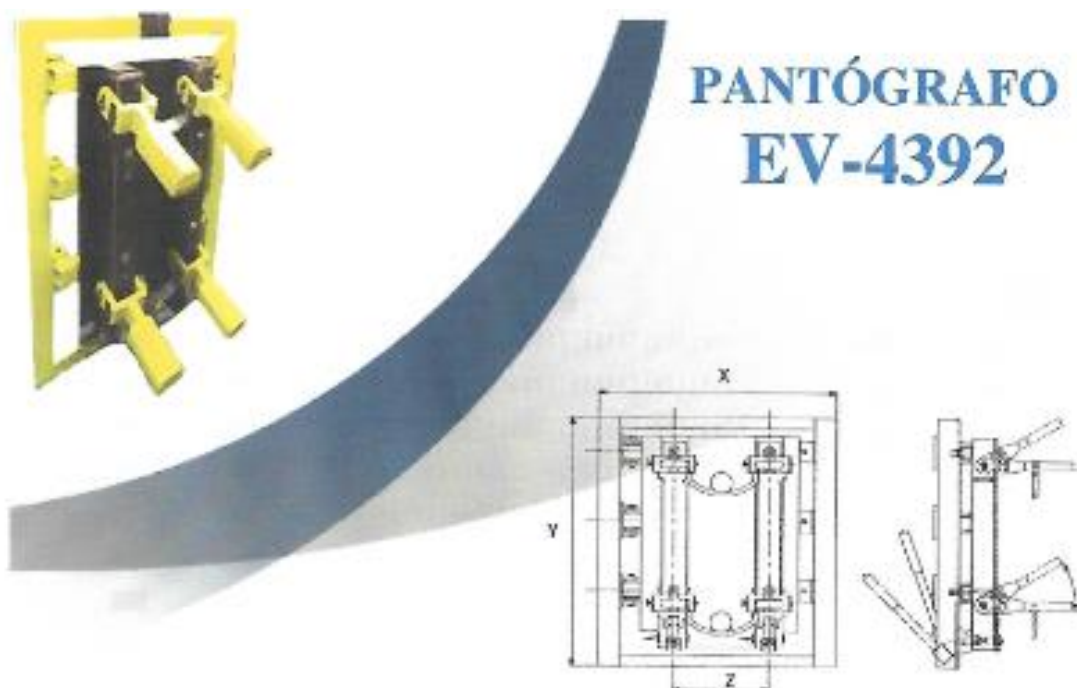
http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=334281

SPIRAX SARCO, **Manual Técnico** (2008)

SPIRAX SARCO, **Relatório Técnico de Inspeção** (2008)

TREVISAN, W., **Manual Termo Técnico**, IBLC Instituto Brasileiro do Livro Técnico Ltda., São Paulo, SP, 1988

ANEXO A PANTÓGRAFO EXCLUSIVAMENTE PARA CORRENTE CONTÍNUA.



OBJETIVO

Pantógrafo desenvolvido para energizar pontes rolantes através de barramentos de alimentação de corrente contínua.

CONSTRUÇÃO

Construído em estrutura robusta, resistente a vibrações, sem prejudicar a transmissão de energia, devido às sapatas duplas. Fixação das sapatas através de madeira tratada para evitar umidade e baixa isolamento.

UTILIZAÇÃO

Indicado para alimentação de equipamentos móveis, tipo pontes rolantes, carros transportadores ou transferidores. Desenvolvido para facilitar a inspeção e manutenção do equipamento privilegiando a segurança pessoal dos mantenedores e rapidez nas paradas de equipamento.

OBSERVAÇÕES

1. Levantamento das sapatas para manutenção feita através de alavancas posteriores sem necessidade de desenergização do barramento.
2. Possibilidade de deslocamento do conjunto para manutenção inspeção por dobradiças laterais reforçadas.
3. Especificações sujeitas a alterações sem aviso prévio visando melhorias técnicas.
4. Para maiores informações, consulte nosso departamento técnico.

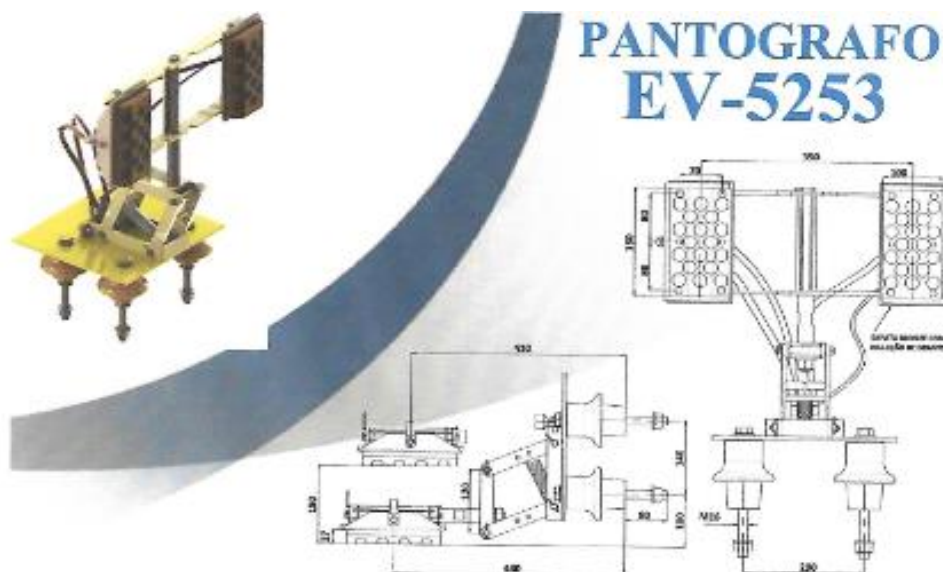
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Capacidade elétrica	1200A, trifásico
Tensão de trabalho	250 VCC
Rigidez dielétrica	5500 V
Temperatura de trabalho	-5°C a 150°C
Materiais	Sapata: ferro fundido modular Cordalha: cobre estanhado
Pintura	Esmalte sintético cinza metálico ou amarelo, conforme solicitação do cliente.
Medidas X - Y - Z	Para possibilitar o basculamento, as medidas dependem do tamanho da sapata do cliente
Posição do barramento	Horizontal



Tel: (24) 3240-2200 - Fax: (24) 3240-2221
www.elevolt.com.br / tecnico@elevolt.com.br

ANEXO B PANTÓGRAFO DE CORRENTE CONTÍNUA OU ALTERNADA.



OBJETIVO

Pantógrafo desenvolvido para energizar equipamentos móveis em contato com barramentos de alimentação (corrente alternada ou contínua). Construído em estrutura robusta, à prova de vibrações, devido ao movimento do equipamento, sem prejudicar a transmissão de energia.

UTILIZAÇÃO

Indicado para alimentação de equipamentos móveis, tipo pontes rolantes, carros transportadores, vagões e trens.

OBSERVAÇÕES

- 1 - Componentes com tratamento bicromatizados.
- 2 - Especificações sujeitas a alterações sem aviso prévio, visando melhorias técnicas.
- 3 - Para outras informações, consulte nosso departamento técnico.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

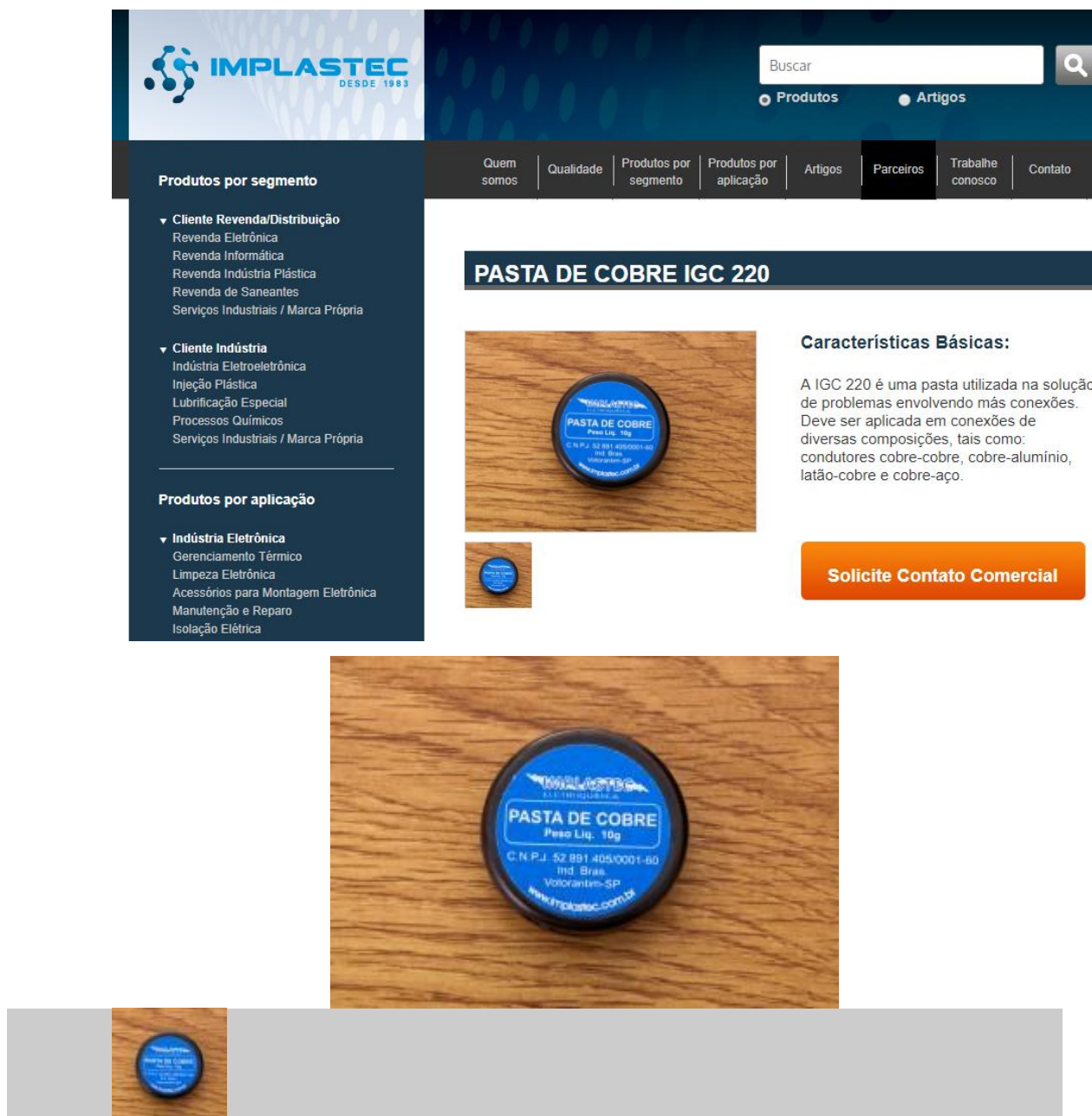
Capacidade elétrica	1200 A
Tensão de trabalho	6600 VCA
Rigidez dielétrica	10Kv
Temperatura de trabalho	-5°C a 150°C
Materiais	Septo: Cobre/Gráfico. Isolador: Porcelana. Cordão: Cobre estanhado.
Pintura	Esmalte sintético amarelo, conforme solicitação do cliente.
Posição do barramento	Vertical



Tel: (24) 3340-2200 - Fax: (24) 3340-2221
www.elevolt.com.br / e-mail: comercial@elevolt.com.br

ANEXO C CABO ELÉTRICO Sil.

3. ANEXO D PASTA DE COBRE IGC 220.



IMPLASTEC
DESDE 1983

Buscar

Produtos Artigos

Quem somos | Qualidade | Produtos por segmento | Produtos por aplicação | Artigos | Parceiros | Trabalhe conosco | Contato

Produtos por segmento

- ▼ **Cliente Revenda/Distribuição**
 - Revenda Eletrônica
 - Revenda Informática
 - Revenda Indústria Plástica
 - Revenda de Saneantes
 - Serviços Industriais / Marca Própria
- ▼ **Cliente Indústria**
 - Indústria Eletroeletrônica
 - Injeção Plástica
 - Lubrificação Especial
 - Processos Químicos
 - Serviços Industriais / Marca Própria

Produtos por aplicação

- ▼ **Indústria Eletrônica**
 - Gerenciamento Térmico
 - Limpeza Eletrônica
 - Acessórios para Montagem Eletrônica
 - Manutenção e Reparo
 - Isolação Elétrica

PASTA DE COBRE IGC 220

Características Básicas:

A IGC 220 é uma pasta utilizada na solução de problemas envolvendo más conexões. Deve ser aplicada em conexões de diversas composições, tais como: condutores cobre-cobre, cobre-alumínio, latão-cobre e cobre-aço.

Solicite Contato Comercial

Características Básicas:

A IGC 220 é uma pasta utilizada na solução de problemas envolvendo más conexões. Deve ser aplicada em conexões de diversas composições, tais como: condutores cobre-cobre, cobre-alumínio, latão-cobre e cobre-aço.

Descrição

A IGC 220 é uma pasta utilizada na solução de problemas envolvendo más conexões. Todas as conexões elétricas podem gerar a formação de óxidos devido à ação do oxigênio atmosférico na superfície da junção conectiva. Esses óxidos gerados contribuem para a ocorrência de curtos-circuitos, aquecimentos demasiadamente elevados, erosões dos contatos, o que podem acarretar na geração de faíscas e até mesmo no rompimento da conexão. A IGC 220 atua exatamente na prevenção da formação de tais óxidos, com formulação a base de cobre coloidal e considerável estabilidade à presença de água.

Principais Aplicações

A IGC 220 deve ser aplicada em conexões de diversas composições, tais como: condutores cobre-cobre, cobre-alumínio, latão-cobre e cobre-aço.

Características

Composição: Veículo Sintético / Cobre Coloidal

Aparência: Pastosa.

Ponto De Gota: Inexistente.

Estabilidade à água: Estável.

Consistência NLGI: 2.

Penetração: 265-295 (1/10 mm).

Cor: Cobre brilhante.

Transporte e Armazenagem

A IGC 220 deve ser transportada e armazenada nas embalagens fechadas e em locais limpos e secos, conforme prática comum com produtos químicos. Verifique a classificação deste produto antes de transportá-lo.

Embalagem

Potes de 10g, 50g, 100g, 500g, 1000g

Baldes de 4kg e 20kg

Manuseio e Método de Aplicação

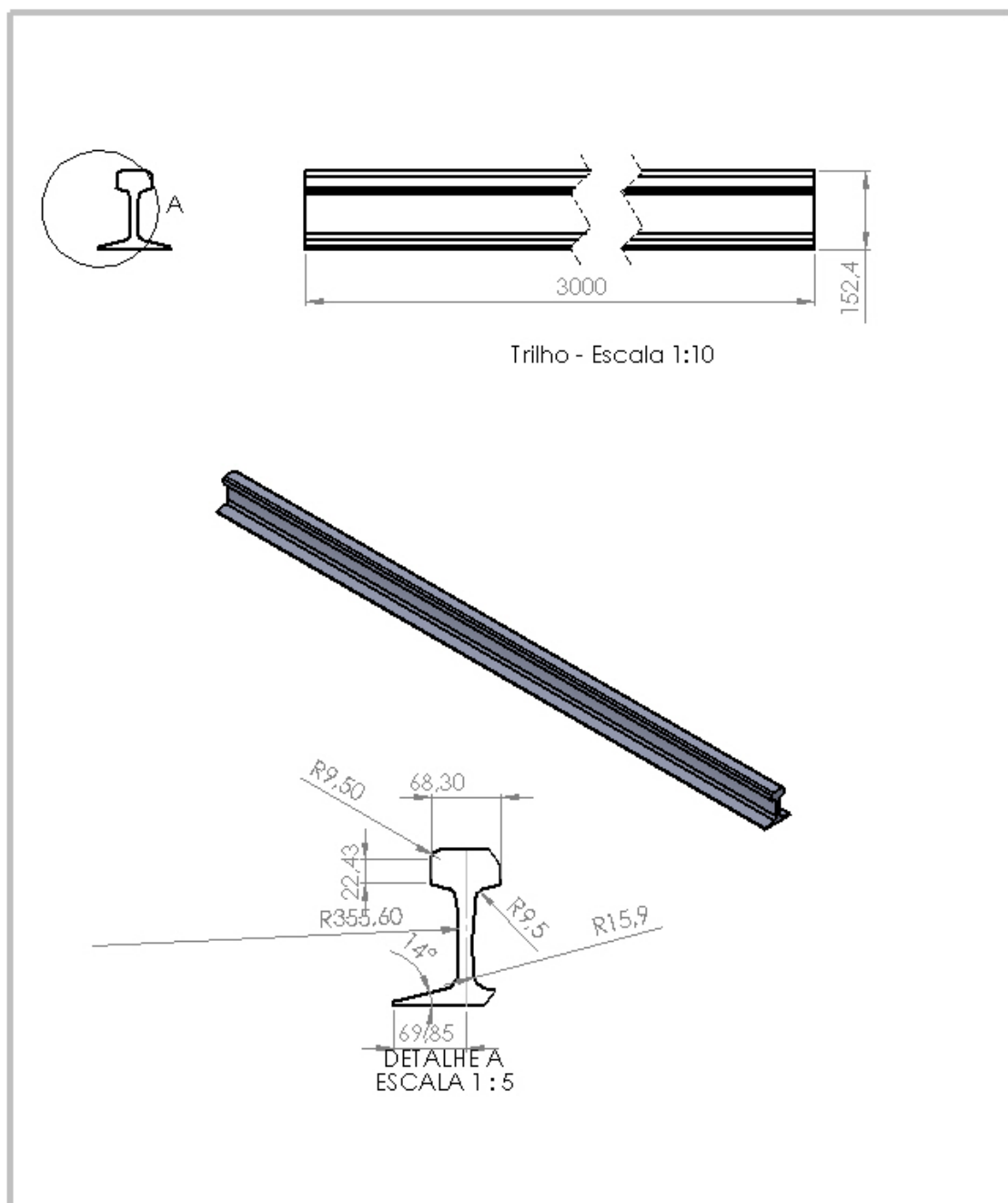
Antes da aplicação, as superfícies devem ser limpas com solventes à base de hidrocarbonetos como querosene, hexano, isoparafina, entre outros utilizados para a mesma prática. Devido as suas propriedades, é de fácil bombeamento, a rápida aplicação da IGC 220 é possibilitada por meio de pistolas, graxeiros manuais (ou

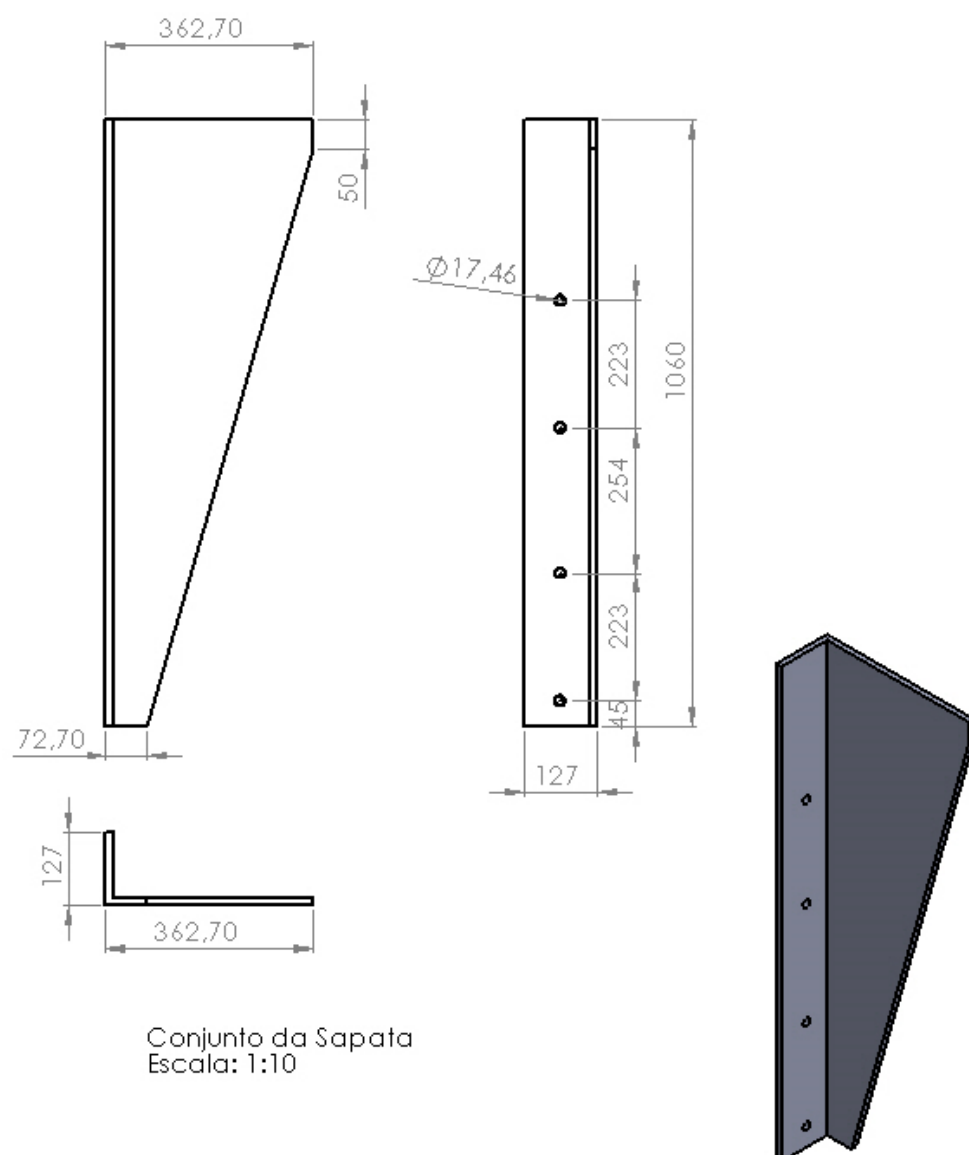
pincéis) e lubrificadores pneumáticos. Os intervalos de lubrificação deverão ser determinados conforme as condições de trabalho.

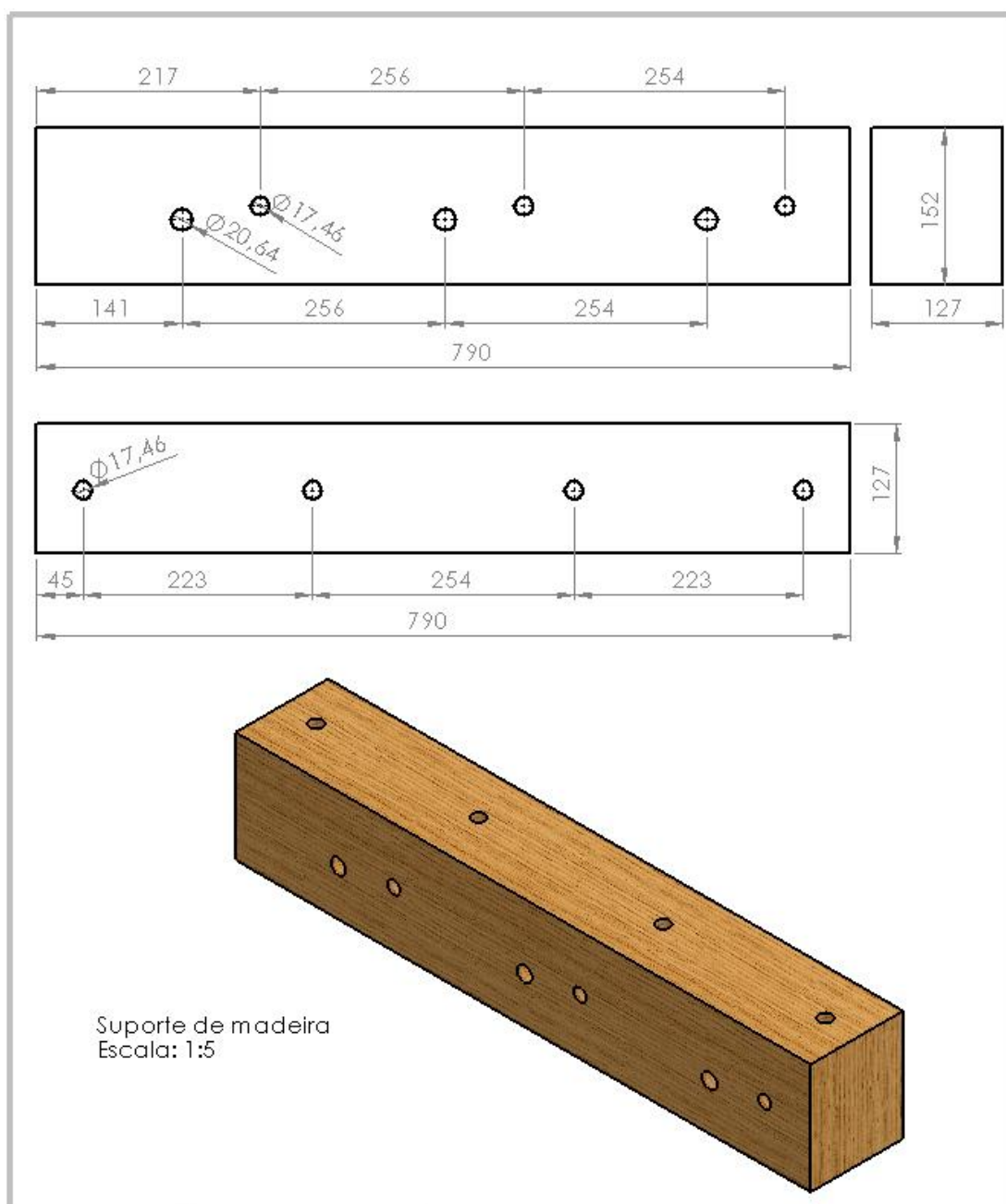
Observações

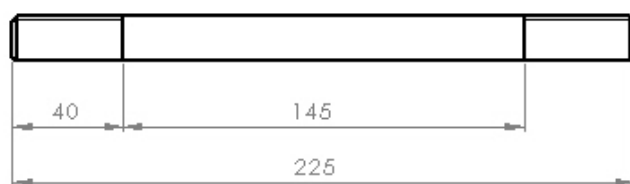
As informações e dados contidos neste boletim correspondem aos nossos conhecimentos atuais corrigidos por técnico capacitado e confiável. Devem ser tomados como orientação e não como especificação garantida. Em qualquer caso de uso, o cliente deverá testar o desempenho contando com informações que possamos fornecer. Indicações de uso não são sugestões para se infringir patente ou legislação. Uma vez que não temos controle sobre o uso por terceiros, nossa responsabilidade se limita apenas ao nosso produto.

4. ANEXO E SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE PONTE ROLANTE DC.

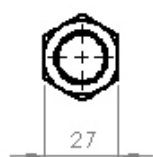




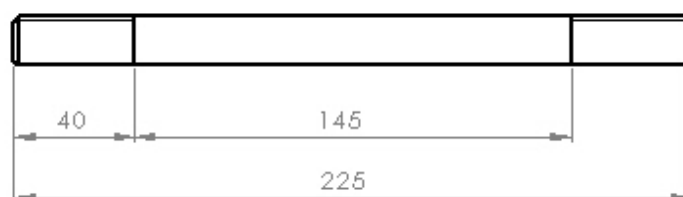




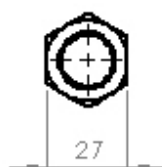
Parafuso Prisoneiro - Escala 1:2



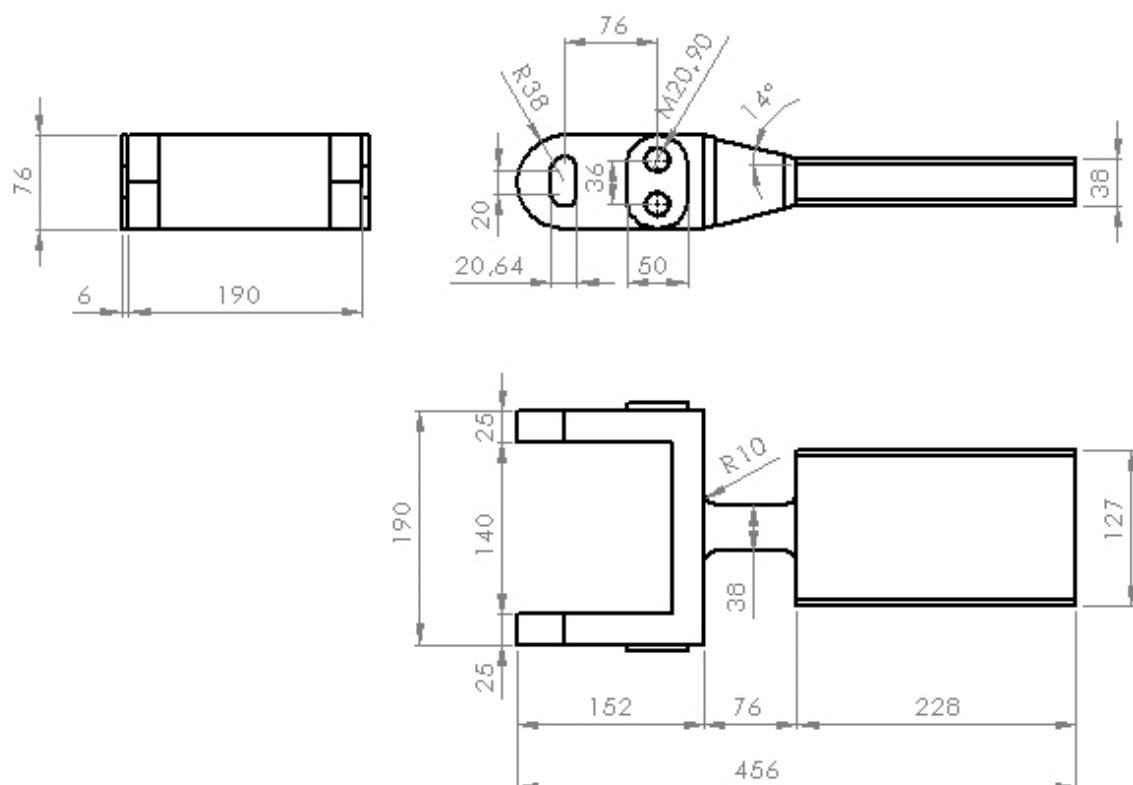
Parafuso Sextavado - Escala: 1:2



Parafuso Prisioneiro - Escala 1:2



Parafuso Sextavado - Escala: 1:2



Sapata
Escala: 1:5

