

Corrosão Atmosférica no Estado do Ceará

I. N. S, Montenegro¹; A. R. M, Filgueira²; J. N. de A, Neto³

RESUMO

Ceará, estado em desenvolvimento industrial. Encontra-se abaixo da linha do Equador, limitando-se aproximadamente, 600 km de extensão com o mar. Consequentemente, sofre influências causadas pela maresia, poluição industrial e de outras atmosferas, da alta umidade relativa do ar; elevada intensidade de radiação solar. Distintos microclimas são possíveis. É oportuno apresentar este projeto para pesquisar a corrosão e degradação atmosférica dos materiais elétricos, principais objetivos e as respectivas metodologias, tais como: Instalação de 18 Estações de Corrosão Atmosférica para a elaboração de um mapa de classificação da agressividade atmosférica do Ceará, em relação ao comportamento de diversos tipos de materiais, metálicos e não metálicos, utilizados no sistema elétrico; e formação do centro de excelência de corrosão e tratamentos anticorrosivos, com infra-estrutura física e profissionais capacitados para estudar os problemas, resultando conhecimentos aplicados às condições específicas do Nordeste.

PALAVRA-CHAVE:

Estação de corrosão atmosférica.

I. INTRODUÇÃO

Este trabalho trata da apresentação do Projeto Corrosão e Degradação Atmosférica dos Materiais Elétricos e do seu desenvolvimento. Foi aprovado no âmbito da ANEEL^(a) e solicitado pela COELCE^(b), para ser executado pela NUTEC^(c) em parceria com o CENTEC^(d) e a FUNCEME^(e), com a finalidade de instalar Estações de Estudo de Corrosão e Degradação Atmosférica, para fornecerem dados dos poluentes atmosféricos e da resistência de diversos materiais para a elaboração de um mapa de classificação da agressividade atmosférica do Estado do Ceará. E de fortalecer a formação de um centro de excelência de corrosão e dos tratamentos anticorrosivos, dotado de infra-estrutura e profissionais capacitados para resultar conhecimentos aplicados às condições específicas do Nordeste.

Reduzindo as perdas que são as maiores responsáveis pelas reparações dos materiais da rede elétrica.

Agradecemos o apoio de: Companhia Energética do Ceará – COECE, Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará – NUTEC, Instituto CENTEC e Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME.¹

¹ Mestre, Químico – Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial - NUTEC

² Especialista, Distribuição de Energia Elétrica – Cia. Energética do Ceará – COELCE.

³ Especialista, Conservação e Qualidade de Energia – Cia. Energética do Ceará – COELCE

II. BREVE HISTÓRICO DE EXPERIÊNCIAS COM ESTUDOS DE CORROSÃO ATMOSFÉRICA NO CEARÁ

EM 1986, a Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial - NUTEC iniciou a formação da equipe de trabalho e laboratórios em tratamentos de superfície e corrosão, e desde 1987 vem desenvolvendo trabalhos de monitorações de estações atmosféricas:

- Primeiramente, em convênio com a CSN, fez-se as monitorações e ensaios químicos dos poluentes atmosféricos das estações de campo do projeto CSN/PETROBRÁS que foram instaladas em Fortaleza em 1987;
- Em 1990, foram instaladas quatro estações atmosféricas para desenvolver estudos de resistência de materiais às condições de agressividade atmosférica de Fortaleza em corpos-de-prova de materiais de interesses quanto suas aplicações pelas empresas eletro-metal-mecânica do Ceará, COELCE e TELECEARÁ. Iniciando a formação de bancos de dados que alimentaram a geração dos trabalhos de dissertações de mestradados, tais como: “CORROSÃO ATMOSFÉRICA NOS MATERIAIS UTILIZADOS NO SETOR ELÉTRICO EM FORTALEZA - CE” - Montenegro, I. N. S.. e o “ESTUDO COMPARATIVO DE TINTAS EPOXI PIGMENTADAS COM FOSFATO DE ZINCO” - Maia, A. L. e demais trabalhos que ainda vão surgir, como os de dissertações de teses de doutorados e de transferências de inovações tecnológicas;
- Em 1994, a equipe é convidada a participar do trabalho de monitorações da Estação da COFECO-Ceará no programa de pesquisas de materiais desenvolvidos pelo CEPTEL-USIMINAS, trabalhos desenvolvidos até 1997;
- Em 1995, iniciou-se trabalhos de monitorações das Estações de interesse da Teleceará/CPqD-TELEBRÁS distribuídas na cidade de Fortaleza e em outras cidades do Ceará e realizou-se os ensaios químicos de laboratório destas estações, trabalhos desenvolvidos até 1997;
- Em 2001, novamente a equipe do NUTEC está iniciando uma parceria com o Centro de Pesquisa da TELEBRAS, CPqD, apoiando o desenvolvimento dos ensaios químicos e dos trabalhos das monitorações das Estações, para a realização do estudo da resistência

sob as condições de agressividade atmosférica do Ceará, dos materiais – metais preciosos utilizados nos sistemas eletrônicos da telecomunicação;

- Em 2002, foi concluído o processo de aprovação por parte da ANEEL / COELCE e das partes interessadas COELCE / NUTEC, respectivamente, Instituição Solicitante / Instituição Executora do “PROJETO CORROSÃO E DEGRADAÇÃO ATMOSFÉRICA DOS MATERIAIS ELÉTRICOS”, estamos concluindo as atividades relativas ao que foi proposto para ser cumprido durante o 1º Ciclo, com duração de dose meses, em setembro de 2003. Sendo a previsão da duração de todos ciclos de sessenta meses (cinco anos), para o projeto plurianual.

Também em 2002, iniciamos a participação como Membro da Comissão de Estudo da ABNT/CB-43 – Comitê Brasileiro de Corrosão e participante no Projeto Tropicorr, como responsável pelas Estações de Estudos de Corrosão e Degradação Atmosférica do Ceará para exposição de armários equipados com medidores de Temperatura e Umidade Relativa do Ar que contêm corpos-de-prova e que contêm as velas clássicas de cloretos e sulfatos, visando acompanhar o comportamento dos materiais utilizados como parte dos sistemas eletrônicos, em geral, expostos dentro de armários.

Poucas outras experiências em corrosão atmosférica foram desenvolvidas sem contar com a participação do grupo do NUTEC.

III. OBJETIVOS DO PROJETO DE PESQUISA, 2001/2002, CORROSÃO / DEGRADAÇÃO ATMOSFÉRICA NO CEARÁ

Para alcançar os objetivos deste projeto, é necessário superar, gradualmente, algumas ações tidas como primárias e fundamentais, tais como:

- Instalação das 18 Estações de Campo, para serem usadas para a geração dos dados da pesquisa, durante o estudo do comportamento dos materiais sob às condições da agressividade atmosférica das micro regiões existentes em diversas cidades do Ceará;
- Formação de subgrupos de trabalho para serem capacitados para realizar, mensalmente, os ensaios dos poluentes nos laboratórios de apoio;
- Transferência da metodologia do trabalho a ser aplicada de maneira muito similar, seguindo as normas técnicas, por todos os subgrupos;
- Início da aplicação da metodologia do trabalho, mantendo a periodicidade mensal;
- Comprovações das especificações técnicas dos materiais dos corpos-de-provas a serem pesquisados;
- Aquisição de equipamentos complementares para a realização dos trabalhos especificados no desenvolvimento da pesquisa;

Objetivos do Projeto Plurianual Aprovado

- Determinar a taxa de corrosão dos materiais padrões e o comportamento daqueles materiais de interesse da COELCE, expostos nas estações no período de desenvolvimento do projeto global;
- Adquirir conhecimentos relacionados com a resistência à corrosão/degradação atmosférica dos materiais, classificações das estações da pesquisa quanto à agressividade atmosférica, tendo em vistas a adequação e o desenvolvimento de novos materiais;
- Manter a metodologia do trabalho dos subgrupos uniforme, sempre seguindo as normas técnicas, atualizadas, de monitorações das Estações e das interpretações dos resultados para determinar o comportamento dos materiais à agressividade atmosférica, e para identificar a agressividade atmosférica e a classificação das estações;

Mapear a agressividade atmosférica (durante o período do desenvolvimento do projeto), no estado do Ceará;

Viabilizar, em Fortaleza, a realização de cursos para o treinamento de todo o grupo de trabalho, com participação de profissionais experientes de centros de P&D mais avançados na área de materiais, com a finalidade de discutir os resultados técnicos da pesquisa;

- Consolidar o grupo de pesquisa de tratamento de superfície e corrosão/degradação no Nordeste, com a participação de pesquisadores de outros centros (nacionais e/ou internacionais), devendo estar sediado em Fortaleza;
- Formar banco de dados com vistas a transferir informações tecnológicas através dos serviços de consultorias e assessoramentos e participando de congressos, seminários, simpósios, etc., na área de corrosão e degradação atmosférica dos materiais elétricos;
- Formar um grupo de excelência em corrosão/degradação atmosférica dos materiais, ou seja, complementação da capacitação laboratorial para servir de base e incentivar a formação de recursos humanos com conhecimentos especializados na área supra citada e o desempenho das atividades correlatas;
- Obter dados que sejam importantes para fundamentar trabalhos de especialização, mestrado e doutorado, respectivamente, três, um e dois, pelo menos.

IV. METODOLOGIA ADOTADA NOS ESTUDOS DE CORROSÃO ATMOSFÉRICA NO CEARÁ

Foi utilizada a metodologia proposta pelo Grupo de Trabalho 4 da Comissão Técnica 156 da ISO (International Standard Organization), que está descrita nas normas ISO 9223, 9224, 9225 e 9226 e foram observados vários fundamentos apresentados em trabalhos desenvolvidos por profissionais nacionais e internacionais que são especialistas no assunto.

Em termos gerais, esta metodologia consiste em ex-

por corpos-de-prova padrões em estações de ensaios não acelerados de corrosão atmosférica, acompanhando a variação de massa dos mesmos ao longo do ensaio e o comportamento quanto ao desenvolvimento, fotodocumentado, de processos de degradação/corrosão. E simultaneamente são medidos os parâmetros climáticos como umidade relativa do ar, velocidade dos ventos, horas de insolação, temperatura, precipitação. Além do tempo de umectação superficial dos corpos-de-prova, e a contaminação ambiental do ar atmosférico, como concentração de cloretos, compostos de enxofre e partículas sedimentáveis.

As estações tiveram suas localizações priorizadas em função de problemas específicos que foram levantados, ao longo do tempo. O estudo para compreensão de cada problema, resultará em decisões estratégicas para as suas respectivas soluções. Este assunto de racionalização das estações foi bastante discutido por alguns especialistas interdisciplinares relacionados com o tema supra citado, Corrosão Atmosférica, para em seguida ser decidido quanto as necessidades estratégicas de implantar cada estação nas respectivas localizações, dentro do projeto de pesquisa atualmente em desenvolvimento.

Localização das Estações de Estudo de Corrosão Atmosférica no Ceará:

1 – COFECO (*) - Esta região é situada no litoral próximo a Fortaleza (24 km) e trata-se de uma praia de mar aberto adjacente a foz do Rio Pacotí e é de alto teor salino

2 – NUTEC (*) - Situado em Fortaleza no planalto do Pici, fica no Campos Universitário (UFC) e se torna uma área estratégica por situar-se nas dependências (pátio) do NUTEC e servir de comparação.

3 – Maracanaú (*) - É uma zona industrial, de alta poluição química industrial situado a 25 km de Fortaleza , é o principal parque industrial da grande Fortaleza.

4 - Morro Branco - Povoado de polo turístico situado no litoral leste do estado caracterizado pelo alto teor salino da região e grandes movimentações de dunas .

5 – Pecém (*) - Local do moderno Porto do Pecém , com previsão de uma grande área industrial a se instalar e de um movimento portuário significativo e estratégico para a economia da região do Nordeste Brasileiro. Situado a mar aberto possui um alto grau salino.

6 - Itaiçaba – Nas proximidades de onde está localizado o complexo de bombeamento de água para o Canal do Trabalhador, as margens da foz do Rio Jaguaribe.

7 - Aracati - Onde está localizado o complexo de bombeamento de água para o Canal do Trabalhador as margens do Rio Jaguaribe e próximo a foz do mesmo rio. Possui uma barragem onde separa a água salgada da doce e integra o sistema de abastecimento d'água da grande Fortaleza.

8 - Itaipoca - Uma zona rural com grandes extensões de rede elétrica e de pequenas localidades, localizadas ao longo do litoral cearense.

9 - Acaraú - Zona conhecida como baixo Acaraú , situado na foz do rio do mesmo nome, possui alto teor salino caracterizado com marés baixas e mansas.

10 - Sobral - Cidade tradicional da região norte do estado conhecida por suas altas temperaturas e intensas radiações solares possuidora de um parque industrial de médio porte, banhada pelo Rio Acaraú onde também canalizam ventos vindo do litoral.

11 - Limoeiro do Norte - Cidade estratégica situada no Baixo Jaguaribe encontro dos dois maiores rios do Ceará (Banabuiú e Jaguaribe) , zona fortemente agrícola, poluentes atmosféricos soprados pelo vento de Aracati canalizado pelo Rio Jaguaribe.

12 - Quixadá - Cidade do Sertão Central do Ceará onde as suas reservas d'água no solo são bastante salobra , também é soprada pelo vento do Aracati canalizado pelo Rio Banabuiú , possui altas temperaturas e desenvolvimento de corrosão notória.

13 - Crateus - Região dos Inhamus , onde as chuvas são escassas (300 mm ano) possui altas temperaturas e raios solares intensos.

14 - Juazeiro do Norte - Região do Cariri situado no Vale do Cariri cercado pela Chapada do Araripe (800 m altitude). Com um clima úmido e chuvas mais intensas (> 1000 mm ano) possui um fungo de forma vegetal que se desenvolve de maneira inesperada sobre as redes elétricas da região.

15 – Iguatu (*) - Cidade a margem do Rio Jaguaribe situada no centro-sul do estado no início do rio também é soprada pelo vento do Aracati canalizado pelo mesmo , possui altas temperaturas e grande incidência de raios solares.

16 - Inhuçu - Situado na Serra Grande distante uns 300 km de Fortaleza é uma zona de alta umidade e altitude elevada (menos de 800 m) com temperaturas baixas dentro do nosso estado.

17 - Guaramiranga - Situado na Serra de Baturité distante 100 km de Fortaleza é uma zona de alta umidade e altitude elevada (> 800 m) com temperaturas baixas dentro do nosso estado.

18 – Camocim (*) - Cidade litorânea de grande polo pesqueiro situado no litoral norte do estado de alto teor salino combinado com altas temperaturas . Situada nas proximidade (75 km) do delta do Rio Parnaíba recebe influência de ventos e da maresia.

Observação: (*) Estações de coleta de poluentes com exposições de corpos-de-provas.

Tipos de Estações de Estudo de Corrosão Atmosférica no Ceará:

As 06(seis) Estações que estão diferenciadas com o (*), provavelmente, sejam as representativas das diversas condições climáticas do estado do Ceará (micro – climas, possivelmente, extensivos à região nordeste), foram escolhidas para instalação dos painéis de exposição dos corpos-

de-prova dos materiais de referência que estão relacionados adiante, a fim de determinar a resistência destes materiais à corrosão/degradação atmosférica. Estas são denominadas de ESTAÇÕES TIPO 1 (Figura 1 e 2). E as outras doze (12) que foram instaladas, prevendo, apenas, destinar-se às coletas dos poluentes, são denominadas de ESTAÇÕES TIPO 2 (Figura 3).



FIGURA 1 - Estação CAMOCIM

A Estação CAMOCIM é uma Estação do TIPO 1, ou seja ela está sendo usada neste primeiro ciclo do projeto, para exposição de corpos – de – prova em painéis e para coletar os três tipos de poluentes:

- Suportes com duas velas úmidas de cloretos;
- Suportes com duas velas de dióxido de chumbo (sulfatos);
- Suportes com dois baldes para as partículas sedimentáveis.

Esta Estação está localizada em uma região marinha. Contornada por terrenos arenosos como dunas baixas formadas pelos ventos a uma distância aproximada de 900 metros para o mar, com baixo movimento de transportes terrestres.



FIGURA 2 - Estação PECÉM

A Estação PECÉM. é uma Estação do TIPO 1, ou seja, ela está sendo usada neste primeiro ciclo do projeto, para exposição de corpos – de – prova em painéis e para coletar os três tipos de poluentes:

- Suportes com duas velas úmidas de cloretos;
- Suportes com duas velas de dióxido de chumbo (sulfatos);
- Suportes com dois baldes para as partículas sedimentáveis.

Esta Estação está localizada em uma região marinha, nas proximidades do Porto da Praia do Pecém, recentemente construído, dentro de uma Sub-Estação da COELCE do distrito industrial do Pecém que ainda se encontra em fase inicial de crescimento, frente a uma rodovia de constante e alto movimento de transportes terrestres. Portanto, é uma Estação com características marinha – industrial – urbana.



FIGURA 3 - Estação INHUÇU

A Estação INHUÇU é uma Estação do TIPO 2, ou seja ela está sendo usada neste primeiro ciclo do projeto, apenas para coletar os poluentes:

- Suportes com duas velas úmidas de cloretos;
- Suportes com duas velas de dióxido de chumbo (sulfatos);
- Suportes com dois baldes para as partículas sedimentáveis.

Esta Estação está localizada em uma região serrana, na Serra Grande, dentro da cidade de Inhuçu. Portanto, é urbana, com constante movimento de transportes terrestres.

Seguiu-se as exigências descritas nas normas NBR 6209 e NBR 7011 da ABNT quanto a escolha da localização das Estações, com relação as barreiras que podem interferir na legitimidade dos resultados dos poluentes, com relação a segurança para evitar vandalismo e a posição dos painéis orientados em função do norte e das direções dos ventos. Assim, foram desenhados os dois tipos padrões das Estações de Corrosão Atmosférica do Projeto.

Os materiais utilizados na fabricação dos suportes dos coletores e dos coletores dos poluentes atmosféricos foram baseados nas normas da ABNT NBR 6209, NBR 7011, NBR 6211, NBR 6291 e Metodologia PETROBRÁS para Partículas Sedimentáveis .

A preparação dos corpos – de – prova para exposição nas Estações e nas câmaras dos ensaios acelerados, também, seguiram as especificações técnicas quanto as dimensões, materiais e quantidades (trezentos (300) corpos – de – prova de cada material especificado), tais como:

1. AÇO CARBONO MACIO, TIPO 1005, chapas com dimensões de (10X15) cm e 3 mm de espessura, para serem expostas sem revestimentos e zincadas, por galvanização que resulte uma camada de zinco galvanizado a quente e uniforme, com espessura de 120 a 125 μ m de Zn.
2. AÇO CARBONO MACIO, TIPO 1005 GALVANIZADA, chapas com dimensões de (10X15) cm e 3 mm de espessura, para serem expostas com revestimento de zinco, por galvanização. Camada de zinco galvanizado a quente e uniforme, com espessura de 120 a 125 μ m de Zinco metálico, 98,5 %.
3. COBRE ELETROLITICO, teor mínimo de 99,9 % de Cobre, em chapas com dimensões de (10X15) cm e 4,0 mm de espessura.
4. BRONZE, teor mínimo de 80,0 % de Cobre, em chapas com dimensões de (10X15) cm e 1,5 mm de espessura (pode ser cobre com impurezas de estanho, zinco, chumbo e outros elementos. Todos elementos presentes vão ser quantificadas através dos ensaios no laboratório do NUTEC).
5. LIGA DE ALUMÍNIO
 - 5.1. Liga de Alumínio 6063 – T6, chapas com dimensões de (10X15) cm e 3 mm de espessura .
 - 5.2. Liga de Alumínio AA 1100, chapas com dimensões de (10X15) cm e 1,7 mm de espessura.
6. ESTANHO ELETROLITICO, teor mínimo de 99,9 % de Estanho, em chapas com dimensões de (10X15) cm e \pm 2,0 mm de espessura.
7. OUTROS MATERIAIS, serão elaborados novos corpos-de-prova e estudos das necessidades de pesquisa-los, quanto ao designe; revestimentos; quantidade; etc., para exposição nas estações de corrosão atmosférica, durante toda evolução do projeto plurianual. Também, ficou ressaltado, quanto a importância da extensão deste estudo, através da continuidade do projeto de pesquisa supracitado, dirigido para outros materiais utilizados na rede de distribuição. Tais como:
 - aços pintados e com outros tratamentos;
 - aço inoxidável 304;
 - aço patinável;
 - polímeros;

- fibras de vidro.;
- concreto armado;
- outros materiais.

V. INFRA-ESTRUTURA LABORATORIAL

Contamos com a infra-estrutura dos Laboratórios de Ensaios Químicos (Clássicos e Instrumentais); Corrosão; Ensaios Acelerados de Corrosão; Tratamentos de Superfícies e Tintas do NUTEC; Laboratórios de Microscopia Óptica e Eletrônica da Universidade Federal do Ceará – UFC e dos Laboratórios de Química do Instituto CENTEC (Unidades Juazeiro do Norte, Limoeiro do Norte e Sobral).

VI. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Para desenvolver a dissertação de mestrado sob o título “CORROSÃO ATMOSFÉRICA NOS MATERIAIS UTILIZADOS NO SETOR ELÉTRICO EM FORTALEZA”, defendida em setembro de 1996 por Montenegro, I.N.S., foi realizada a revisão da literatura relacionada à corrosão atmosférica, bem como o estudo dos fundamentos teóricos sobre o referido tema, em 124 trabalhos, entre “papers” e livros. Portanto, citamos como fonte de referência principal para o desenvolvimento deste projeto, a dissertação mencionada, por está nela contida todas as citações relativas ao tema objeto do trabalho a ser executado.

Ressaltamos desta dissertação, alguns trabalhos correlatos, os quais foram aplicados em locais específicos e diversos, portanto com conclusões típicas das regiões estudadas, cujas características climáticas e geográficas são muito diferentes das existentes no Ceará.

Assim, as conclusões desses trabalhos desenvolvidos com base em dados obtidos em outros estados do Brasil ou em outros países não podem ser diretamente aplicadas em nosso estado, fortalecendo, deste modo, a necessidade de ser dado a continuidade ao desenvolvimento deste estudo de natureza similar para possibilitar a definição de normas de especificação dos materiais a serem adequados as nossas condições de agressividade atmosférica.

Isto resultará em redução de perdas devido ao desgaste por corrosão/degradação atmosférica as quais, segundo levantamento contabilizado pela a COELCE que é a empresa parceira do NUTEC para o desenvolvimento desta pesquisa, são as maiores responsáveis pelas reposições dos materiais da rede elétrica. Portanto, contribuindo em uma maior viabilização do processo de distribuição de energia elétrica.

VII. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] CORROÇÃO E PROTEÇÃO DE METAIS NAS ATMOSFERAS DA IBEROAMERICA, Parte 1- MAPAS DA IBEROAMERICA DE CORROSIVIDADE ATMOSFÉRICA (PROJECTO MICAT, XY.1/CYTED).Editores: Manuel Morcillo- Centro Nacional de Investigaciones, CSIC - Madrid (Espana); M. Elisabete M. Almeida – Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial - Lisboa (Portugal); Blanca M. Rosales – Instituto de Investigaciones Cientificas Y Técnicas de las Fuerzas Armadas - Buenos Aires (Argentina); Jorge Uruchurtu – Instituto de Investigaciones Eléctricas - Cuernavaca (México); Marcelo Marrocos – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – Rio de Janeiro Brasil). 1998.
- [2] ALI, S.J., WOOD, G.C., Br. Corros. J., 4. 133. 1964. Apud KUCERA, V., MATTSSON, E. Atmospheric Corrosion. In: CORROSION mechanisms. New York. Marcel Dekker, 1987.
- [3] ROZENFELD, I.L. Atmospheric corrosion of metals. NACE. Houston. Texas, 1972.
- [4] BARTON, K. Schutz gegen Atmosphaische Korrosion, Verlag Chemie. Weinheim/Bergstr, West Germany, 1973.
- [5] KAJIMOTO, Zehbour P., SIQUEIRA, F.J.S., ALMEIDA, N. Lira de Estudo do comportamento de materiais metálicos expostos na atmosfera do Estado de São Paulo. Ver. Tratamento de Superficie (3 partes), São Paulo, p. 25-37, FEV./MAR. 1990, p. 16-25, ABR./MAIO. 1990, p. 27-38, JUN. / JUL. 1990.
- [6] FRAGATA, Fernando L., SERRA, Eduardo T., ARAÚJO, Marcelo. Desempenho de Materiais com e sem revestimentos protetores em estação de corrosão atmosférica em ambiente marinho. In: 13º SENACOR, 1986, Rio de Janeiro. p. 198-208.
- [7] DEAN, Sheldon W. Atmospheric corrosion after 80 years of study. Materials Performance, p. 9-11, JUL. 1987.
- [8] TOWNSEND, H. E., BORZILLO, *R. Twenty – year atmospheric corrosion tests of hot-dip coated sheet steel. Materials Performance, p. 37-41, JUL. 1987.
- KAJIMOTO, Z.P. et al. Corrosão atmosférica de metais no estado de São Paulo. Bol. 57. IPT. São Paulo. 1991.