



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

HENRIQUE FERNANDES MOREIRA

Avaliação da resistência à corrosão do aço-manganês austenítico em meio ácido, básico e salino, utilizando as técnicas de polarização linear potenciodinâmica e espectroscopia de impedância eletroquímica

MOSSORÓ

2016

HENRIQUE FERNANDES MOREIRA

Avaliação da resistência à corrosão do aço-manganês austenítico em meio ácido, básico e salino, utilizando as técnicas de polarização linear potenciodinâmica e espectroscopia de impedância eletroquímica

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia

Orientador: Prof. Dr. Gecílio Pereira da Silva - UFERSA

MOSSORÓ

2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M518a Moreira, Henrique Fernandes.
 Avaliação da resistência à corrosão do aço-
 manganês austenítico em meio ácido, básico e
 salino, utilizando as técnicas de polarização
 linear potenciodinâmica e espectroscopia de
 impedância eletroquímica / Henrique Fernandes
 Moreira. - 2016.
 32 f. : il.

 Orientador: Gecílio Pereira da Silva.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2016.

 1. Corrosão. 2. Manganês. 3. Aço. I. Silva,
 Gecílio Pereira da, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

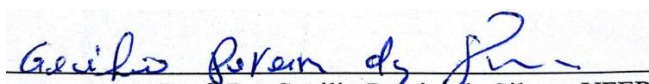
HENRIQUE FERNANDES MOREIRA

Avaliação da resistência à corrosão do aço-manganês austenítico em meio ácido, básico e salino, utilizando as técnicas de polarização linear potenciodinâmica e espectroscopia de impedância eletroquímica

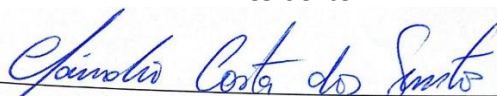
Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 04 /11/ 2016.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Gecílio Pereira da Silva - (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Cláudio Costa dos Santos. (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. Alessandro Alisson de Lemos Araújo (UFERSA)
Membro Examinador

*Aos meus pais que me apoiaram
em toda essa jornada.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Gecílio Pereira da Silva, por reservar um pouco do seu tempo para transmitir seus conhecimentos de forma clara, sucinta e de forma competente. Sou grato pelo seu apoio em toda essa trajetória.

Aos meus pais, Joaquim Moreira Neto e Maria Serionilda Fernandes Moreira, por me apoiarem ao longo desses anos, ensinando-me e apoiando-me nos momentos mais difíceis.

Agradeço a minha irmã, Heloísa Fernandes Moreira, que sempre me escuta quando eu preciso e me dá apoio em todos os momentos.

A minha irmã de criação, Lara Lorena Alves Bezerra, por estar comigo desde a escolha do curso até o término do mesmo. Aos meus amigos João Antônio de Lima Moreira, Jorgiania Vanerica Alves Dias, Rodolfo Menezes Brasil Lins de Matos, Maria Luiza Mendes Moreira e Tarciana Dieb Toscano, por todo o companheirismo nesse percurso, escutando minhas exasperações.

A Josiel Santos por me acompanhar durante todo o processo laboratorial.

A minha namorada, Vivianne Rodrigues de Freitas, o melhor presente que a vida me deu nesses últimos 5 anos. Agradeço pelo seu carinho, atenção e sempre estar comigo nas minhas conquistas diárias, sem você não teria o mesmo gosto.

"Não vale a pena mergulhar nos sonhos e
esquecer de viver."

Harry Potter e o Cálice de Fogo

RESUMO

A corrosão é um processo espontâneo a que os metais e as ligas são susceptíveis em meios específicos, de modo que a inspeção e o monitoramento são necessários durante a utilização destes, para evitar perdas diretas e indiretas. Saber qual material utilizar em cada meio ajuda a diminuir gastos de reparos, danos ao meio ambiente e acidentes (segurança pessoal e patrimonial). Neste trabalho é avaliado a resistência à corrosão do aço-manganês austenítico em meio ácido, básico e salino, aplicando as técnicas de polarização linear potenciodinâmica e espectroscopia de impedância eletroquímica. Com objetivo de averiguar as potencialidades respectivas de futuras aplicações do material na indústria e aplicações de conhecimentos teóricos a análise e interpretação de dados experimentais.

Palavras-chave: Corrosão. Manganês. Aço.

ABSTRACT

Corrosion is a spontaneous process that metals and alloys are susceptible to particular means, so that inspection and monitoring are needed for the use thereof to prevent direct and indirect losses. Knowing what material to use in each medium helps reduce repair costs, environmental damage and accidents (personal and property safety). This paper evaluated the corrosion resistance of the steel-manganese austenitic in acidic, basic and salt, applying the techniques of linear polarization potentiodynamic and electrochemical impedance spectroscopy. In order to determine their potential for future applications of the material in the industry and application of theoretical knowledge to the analysis and interpretation of experimental data.

Keywords: Corrosion. Manganese, Steel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Eletrodos.....	24
Figura 2	–	Matriz usada na confecção dos eletrodos.....	24
Figura 3	–	Balança analítica.....	25

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	–	Produção do Manganês	16
Gráfico 2	–	Preço do Manganês.....	21
Gráfico 3	–	Exportação do manganês	23
Gráfico 4	–	Curvas de polarização potenciodinâmicas.....	29
Gráfico 5	–	Curvas de impedância na liga.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Composição do aço.....	25
Tabela 1	–	Reagentes.....	27
Tabela 2	–	Correntes de corrosão e taxa de corrosão	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EDX	Energia dispersa de Raio-X
PLP	Polarização potenciodinâmica linear
EIE	Espectroscopia de Impedância Linear
Mn	Manganês
MEV	Microscopia eletrônico de Varredura

LISTA DE SÍMBOLOS

US\$	Dólar
V	Voltagem
g	Gramas
Z	Impedância

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	PROPRIEDADES DO MANGANÊS	17
2.2	PROCESSO DE CORROSÃO	17
2.3	EMPREGO DO MANGANÊS	18
2.4	ENSAIOS DE CORROSÃO.....	20
2.4.1	Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE)	20
2.4.2	Polarização Potenciodinâmica Linear (PLP).....	21
2.5	CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO.....	21
2.5.1	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	21
2.5.2	Mapeamento de EDX.	22
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1	CONFECÇÃO DOS ELETRODOS	23
3.2	PREPARO DAS SOLUÇÕES	24
3.3	PESAGEM DO REAGENTE	24
3.4	Ensaio de corrosão	25
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1	CURVAS DE POLARIZAÇÃO LINEAR POTENCIODINÂMICAS	26
4.2	ESPECTROSCOPIA DE IMPÊDANCIA ELETROQUÍMICA	27
5.	CONCLUSÃO.....	29
6.	REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

Das ligas metálicas o aço é o material de construção mais usado. Podemos classificar como carbono comum, quando os elementos predominantes são ferro e carbono e liga quando houver outros elementos na mistura, podendo ser de baixo, médio e altos teores. (Zolin, Ivan. 2011)

A corrosão de metais é um grande problema, fazendo que o material perca algumas qualidades essenciais, como resistência mecânica e ductilidade. Geralmente a corrosão é definida como um processo de deterioração do material pela ação química e eletroquímica do meio, podendo ou não estar relacionado à esforços mecânicos. Os aços têm empregos em várias áreas da indústria, então precisam apresentar propriedades mecânicas adequadas para o seu meio. “A corrosão pode incidir sobre diversos tipos de materiais, sejam metálicos como os aços ou as ligas de cobre, por exemplo, ou não metálicos, como plásticos, cerâmica ou concreto” (GENTIL, 2007, Pg. 02).

Em geral, a maioria dos produtos industrializados, especificamente os metais, necessita de algum tipo de tratamento de superfície, tanto para melhorar sua funcionalidade quanto seu aspecto decorativo. Assim, os estudos acerca dos revestimentos metálicos de superfície são de grande interesse até mesmo para o desenvolvimento de materiais com propriedades adequadas para uso em inúmeras aplicações.

O aço-manganês austenítico, também designado como aço Hadfield caracteriza-se por sua alta ductilidade, sua habilidade de encruamento: com dureza inicial de 240 HB, e podendo atingir aproximadamente 500 HB (51 HRC). Apresenta uma estrutura cristalina de cúbica de face centrada (CFC) e apresenta sistemas equivalentes de deslizamento e deformação. Como o processo de encruamento é contínuo o aumento da dureza afeta o metal, produzindo aumento da resistência à abrasão.

O melhor desempenho do aço manganês é obtido quando as condições externas de uso causam extremo encruamento da superfície do componente, motivando o uso em aplicações que requerem alta resistência à abrasão e desgaste. No caso de acontecer uma trinca da camada encruada em serviço, esta será rapidamente contida porque a camada interna não é encruada, e sim tenaz. (LIMA, 2016)

Este trabalho propõe realizar um estudo comparativo da resistência à corrosão do aço Haldfield em meio ácido, básico e salino. Previamente o aço foi caracterizado para determinação de sua composição química, microestrutural, morfológica superficial e

determinação da dureza. Serão utilizadas as técnicas de Polarização Potenciodinâmica Linear (PLP) e Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PROPRIEDADES DO MANGANÊS

O Manganês é um metal e pertence à classe dos metais de transição, localizado no grupo 7 e possui número atômico 25. Possui uma massa molar de $54,983 \text{ g.mol}^{-1}$, densidade de $7,21 \text{ a } 7,40 \text{ g/cm}^3$ e ponto de fusão e ebulição de $1244 \text{ }^\circ\text{C}$ e $1962 \text{ }^\circ\text{C}$ respectivamente. É quebradiço e apresenta um alto grau de dureza, encontra-se em estado sólido em condições ambientes e apresenta-se com uma coloração metálica cinza brilhante. Ligado com alumínio e antimônio e com pequena quantidade de cobre, forma um material altamente ferromagnético.

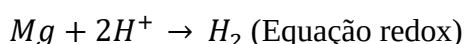
Nos processos industriais, o manganês possui grande importância: Na produção de aço Hadfield, além de atuar como componente de liga para o alumínio. Também é usada na fabricação de baterias, de na produção de vidros, dentre outras.. É o 12º elemento mais abundante da crosta terrestre e seus principais minérios são a pirolusita e a rodocrosita. As maiores jazidas estão localizadas na África do Sul, Brasil, Ucrânia, Austrália, Índia, China e Gabão. O Brasil detém cerca de 18% das reservas de manganês do mundo. (Brasil Manganês Corporation). Os estados do Pará, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul são as principais regiões de mineração.

2.2 PROCESSO DE CORROSÃO

Mesmo com todo avanço tecnológico a corrosão ainda está presente na maioria dos materiais, como consequência do ataque do meio onde são utilizados. Se protegidos ou especificados adequadamente podem ser utilizados por um longo período de tempo e assim reduzindo custos e aumentando a confiabilidade do material.

O processo de corrosão acarreta em perdas econômicas relevantes, incluindo a substituição de peças, custos de monitoramento e manutenções, dentre outros. A corrosão pode causar grandes acidentes acarretando em danos patrimoniais e pessoais. Como exemplo da importância deste assunto podemos citar o acidente de Ohio, em 1996, mais conhecido como o colapso da ponte de prata, quando uma ponte, de apenas 40 anos caiu quando por ela passavam trinta e sete veículos. Foi concluído que o motivo do acidente foi a formação de micro trincas que foram se ampliando e corroendo ao longo dos 40 anos de sua existência decorrentes de um ambiente marinho muito corrosivo, onde a ponte foi construída.

Do ponto de vista teórico a corrosão envolve a transferência de elétrons. Em reações eletroquímicas, os elétrons são “produzidos” no ânodo (oxidação) e “consumidos” no cátodo (redução). Uma forma geral para o processo eletroquímico de corrosão aquosa pode ser representada da seguinte maneira:



A corrosão pode ser classificada de duas formas, seca ou aquosa, segundo (FONTANA, 1987). A corrosão seca ocorre na ausência da fase líquida ou acima de ponto de orvalho do ambiente; vapores e gases geralmente são agentes desse tipo de corrosão. São geralmente associadas com altas temperaturas, por exemplo, aço atacado por gases de forno. A corrosão aquosa se dá na presença de fase líquida, que pode ser com água ou não. A umidade pode levar a ativar o processo de corrosão no material.

2.3 EMPREGO DO MANGANÊS

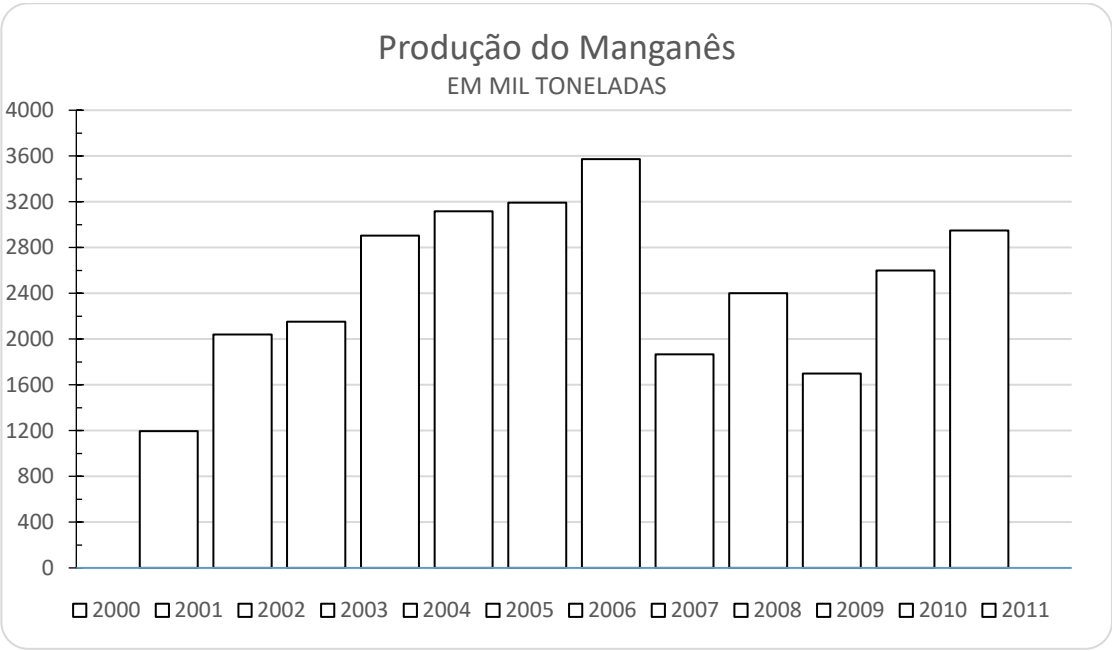
O Manganês representa um papel fundamental no desenvolvimento dos diversos processos de produção do aço, é o quarto metal mais utilizado no mundo, depois do Ferro, do Alumínio e do Cobre e está presente em nosso dia a dia, como no aço utilizado em carros e na construção civil.

Apesar de quase 90% da produção de manganês ser destinada ao setor de siderurgia, suas aplicações incluem ainda a fabricação de fertilizantes, de rações animais e de carros (Vale, 2016).

O aço-manganês austenítico, identificado no mercado com aço Haldfiel, é constituído de até 1,2% de carbono e 12% de manganês. Esse aço é ainda hoje o principal do grupo de aços resistentes ao desgaste, de natureza austenítica.

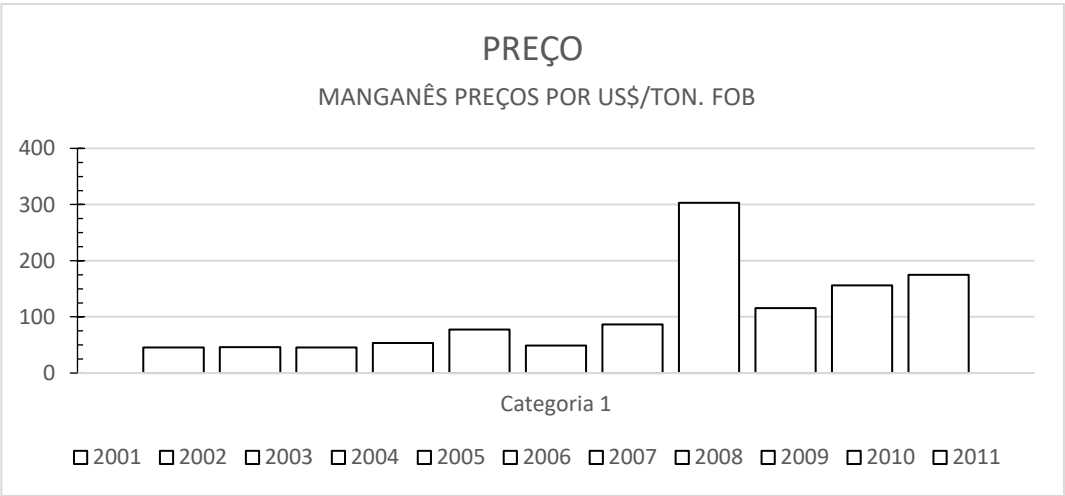
Os gráficos 1 e 2 e 3 abaixo mostram respectivamente a produção mundial do manganês, preço e exportação em mil toneladas.

Gráfico 1-Produção do Manganês



Fonte: LME – 2012

Gráfico 2- Preço do Manganês



Fonte: Aliceweb

Gráfico 2 - Exportação do Manganês.



Até novembro/2012 – Exportação: 1.400 mil toneladas

Fonte: Aliceweb, 2012

2.4 ENSAIOS DE CORROSÃO

2.4.1 Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE)

Espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) é um poderoso método experimental para obter sinais mais profundos em sistemas eletroquímicos (HUANG, 2014). Onde fornece uma visão detalhada das características elétricas da interface eletrodo/solução.

A técnica de espectroscopia de impedância é uma técnica de caracterização elétrica, que permite estudar o comportamento geral de um sistema quando um número grande de processos intercorrelacionados ocorre em diferentes velocidades.

No ensaio de Impedância Eletroquímica (EIE) tem-se uma aplicação de um potencial ou corrente alternada, e uma delas a variável controlada, medindo-se a intensidade e diferença de fase da outra variável. A cada taxa de frequência são realizadas medidas, de forma que diversos processos físicos e químicos possam ser separados por suas constantes de tempo. É uma técnica de estado estacionário excelente e já bem difundida para caracterização de

sistemas eletroquímicos que não se alteram no tempo, pelo menos naquele necessário para que a medida seja realizada.

2.4.2 Polarização Potenciodinâmica Linear (PLP)

A técnica de polarização potenciodinâmica tem sido amplamente utilizada para estudar os sistemas de corrosão (ZHANG et al., 2009). Juntamente com os testes de imersão, é uma das principais técnicas para o estudo de corrosão (THIRUMALAIKUMARASAMY et al., 2014).

Polarização potenciodinâmica é uma técnica em que o potencial do eletrodo é variado a uma taxa selecionada pela aplicação de uma corrente através do eletrólito. Provavelmente, é o método de teste de polarização mais comumente usado para medir a resistência à corrosão sendo esta utilizada para uma grande variedade de funções (CORROSION DOCTORS)

Os métodos de polarização tais como polarização potenciodinâmica linear, e voltametria cíclica são muitas vezes utilizados para testes de laboratório de corrosão. Estas técnicas podem proporcionar informação útil significativa em relação aos mecanismos de corrosão, da taxa de corrosão e de susceptibilidade de materiais específicos à corrosão em ambientes designados. Métodos envolvem a alteração de polarização, o potencial do eléctrodo de trabalho e o controle da corrente que é produzido como uma função do tempo ou potencial. (CORROSION DOCTORS)

As medidas de polarização são valiosas para identificar rapidamente como um material irá comportar-se quando expostos a um ambiente particular. A técnica indica rapidamente a capacidade da amostra para se proteger contra o ataque agressivo do meio líquido (PRINCETON APPLIED RESEARCH).

2.5 CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO

2.5.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

O microscópio eletrônico de varredura (MEV) tem como sinais de maior interesse os elétrons secundários e os retroespalhados. Os elétrons secundários no MEV é o resultado da interação do feixe eletrônico com o material estudado, ou seja, fornece a imagem de topografia da superfície da amostra e são responsáveis pela formação da imagem em alta resolução. Os retroespalhados tem a função de fornecer imagem características de variação de composição.

2.5.2 Mapeamento de EDX.

A distribuição atômica dos constituintes em amostras sólidas pode ser obtida utilizando-se também a técnica de EDX, mediante identificação individual dos elementos metálicos em determinada área selecionada da amostra (MENEZES, 2014).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Previamente aos estudos de corrosão uma amostra de aço manganês austenítico foi caracterizada mediante análises de determinação da composição química, análise microestrutural, avaliação morfológica superficial e de dureza. A composição química da liga está disposta na Tabela 1.

Tabela 1: Composição do aço.

Elementos	%
Fe	99.191%
Mn	0.809%

O presente estudo iniciou-se a partir do processo de preparação dos eletrodos utilizados nos ensaios de corrosão.

3.1 CONFECÇÃO DOS ELETRODOS

A primeira etapa da fabricação dos eletrodos constituiu a serragem de uma barra de aço-manganês austenítico seguido do embutimento em resina epóxi e ficando com uma área metálica exposta de aproximadamente 1 cm^2 . Em cada amostra foi fixada em um fio de cobre por meio de contato mecânico de acordo com a figura 1.

Figura 1. Eletrodos



Fonte: Dados da Pesquisa, 2016.

Figura 2. Matriz utilizada na confecção dos eletrodos.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2016.

3.2 PREPARO DAS SOLUÇÕES

As soluções utilizadas nos ensaios de corrosão foram preparadas com reagentes de grau analítico e com água destilada. Constava de três soluções aquosas conforme mostrado na Tabela 1.

3.3 PESAGEM DO REAGENTE

Após a realização dos cálculos estequiométricos, fez-se uso de balança analítica, mostrada na figura 3, para quantidade pesagem dos seguintes reagentes, menos o Ácido Sulfúrico pois é líquido, respectivamente:

Figura 3. Balança analítica.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2016.

Tabela 2 - Reagentes.

Soluções	Concentrações
H₂SO₄ - Ácido	0.1 mol/L
NO₂SO₄ - Salino	0.1 mol/L
NaCl - Salino	0.1 mol/L
NaOH – Básico	0.1 mol/L

3.4 Ensaios de corrosão

Foram utilizados como eletrodos de trabalho o aço Hadfeld preparado como descrito anteriormente. Como eletrodo auxiliar utilizou-se uma chapa de platina com área geométrica de aproximadamente 1,0 cm² e como eletrodo de referência o prata cloreto de prata.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CURVAS DE POLARIZAÇÃO LINEAR POTENCIODINÂMICAS

As curvas de polarização linear potenciodinâmicas referentes ao aço manganês, obtidas nos meios ácido, básico e salinos estão mostradas na Figura 4. Através desta técnica foram determinados os potenciais de corrosão (E_{corr}), as resistências de polarização (R_p), as correntes de corrosão e as taxas de corrosão do mesmo.

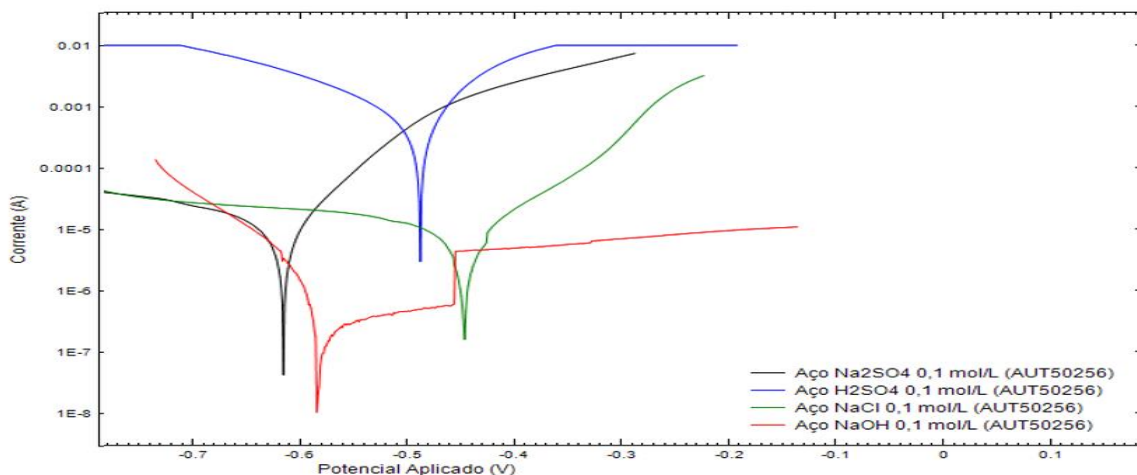
Esses dados estão dispostos na Tabela 2

Tabela 3 - Corrente de corrosão e taxa de corrosão.

Meios corrosivos	E_{corr} , Calc (V) (V)	(taxa de corrosão (mm/ano))
Aço Na_2SO_4	-0.61616	0.12771
Aço H_2SO_4	-0.48779	59.917
Aço $NaCl$	-0.44748	0.048397
Aço $NaOH$	-0.58223	0.0010163

A análise da figura 4 mostra que o aço manganês apresenta caráter mais nobre, ou seja, potencial de corrosão mais positivo na seguinte ordem crescente: $NaCl$ 0,1 mol/L, H_2SO_4 0,1 mol/L, $NaOH$ 0,1 mol/L e Na_2SO_4 0,1 mol/L. Entretanto, também se observa que os valores de corrente de corrosão estão em aparente contradição com os de potencial, ou seja, verifica-se do ponto de vista das correntes que o meio menos agressivo é o alcalino, enquanto o mais agressivo é o ácido. Portanto, como os potenciais são dados termodinâmicos enquanto que os de corrente estão associados à cinética do processo, possivelmente, somente a partir dos dados obtidos nos diagramas de impedância será possível fazer uma análise precisa da resistência à corrosão do aço manganês nos meios estudados.

Gráfico 4 - Curvas de polarização potenciodinâmica.



Fonte: Dados de pesquisa, 2016.

4.2 ESPECTROSCOPIA DE IMPÊDÂNCIA ELETROQUÍMICA

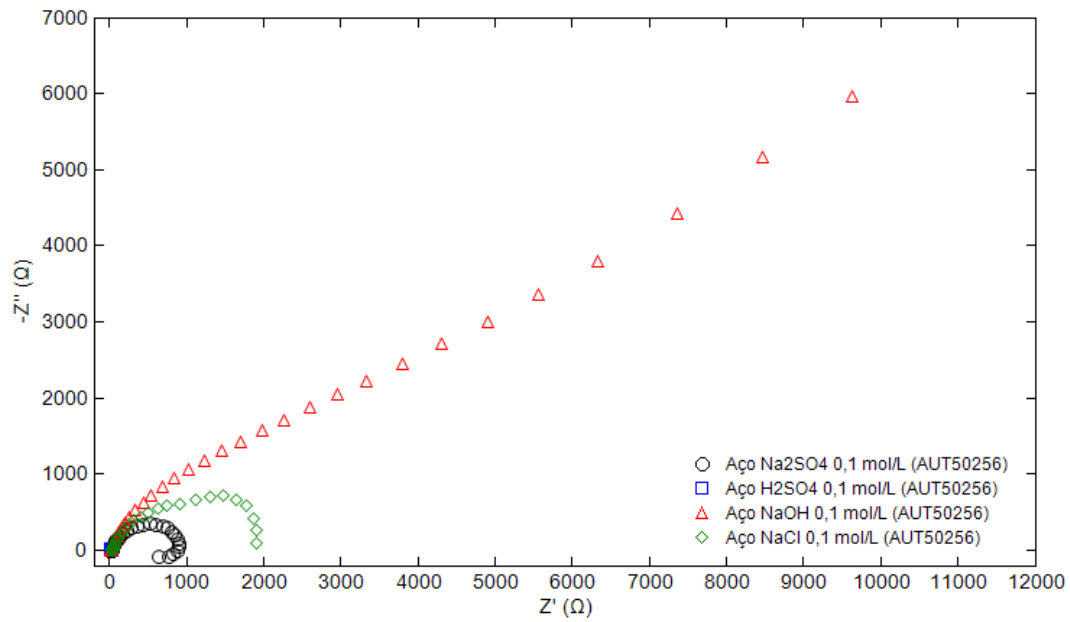
O gráfico 5 mostra de forma bastante clara que em meio alcalino ocorre a formação de dois arcos capacitivos, indicando dois processos de transferência de carga. Esta ocorrência indica a formação de um filme de passivação estável com elevada impedância e mantendo o aço manganês em condição de imunidade. Observa-se também que em meio ácido ocorre rápida dissolução do aço manganês, de modo que não é nem mesmo verificado a formação do arco capacitivo, comprovando a elevada taxa de corrosão neste meio. De fato, este resultado corrobora com os dados de corrente de corrosão exibidos pela curva de polarização correspondente, bem como pela elevada taxa de corrosão como mostra a tabela 2.

Nos meios salinos verifica-se que a amostra é mais resistente à corrosão em meio de cloreto do que em meio de sulfato de sódio o que também está em concordância com os resultados das densidades de corrente observadas nas respectivas curvas de polarização.

Os dados de R_p e as taxas de corrosão estão em concordância com os obtidos nos diagramas de impedância bem como em relação as correntes de corrosão obtidas nas curvas PLP.

Os dados de R_p e as taxas de corrosão estão em concordância com os obtidos nos diagramas de impedância bem como em relação as correntes de corrosão obtidas nas curvas PLP.

Gráfico 5 - Curva de impedância na liga.



Fonte: Dados de pesquisa.

5. CONCLUSÃO

Através das técnicas PLP e EIE pode-se concluir que o aço manganês é imune à corrosão em meio alcalino, e fortemente atacado em meio ácido. Nos meios salinos é mais resistente em meio de cloreto que em meio ácido e isto possivelmente está associado à afinidade química entre as espécies reagentes e os componentes da liga.

6. REFERÊNCIAS

ZOLIM, Ivan. Material de construção mecânica. In: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011. páginas 20-22 do capítulo 1.3.2

LIMA, Guilherme. Disponível

em:<<http://www.guiadasiderurgia.com.br/novosb/component/content/article/210-materiassb70/1952-desgaste-e-encruamento-nos-acos-hadfield>> . Acesso em: 01 de out. 2016

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Saraiva, 1982.

Disponível em: <<http://bmcorporation.com.br/?lang=pt>> . Acesso em: 01 de out. 2016

HEYER, A.; SOUZA, F. D.; LEONMORALES, C. F.; FERRARI, G.; MOL, J.M.C.; DEWIT, J.H.W. Ship ballast tanks a review from microbial corrosion and electrochemical point of view. *Ocean Engineering*, v.70, p. 188-200, 2013.

Disponível em:

<<http://www.vale.com/brasil/PT/business/mining/manganese/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 12 de out. 2016

Disponível em: < <https://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr4564>> Acesso em: 12 de out. 2016

J. HUANG, J.; ZHANG, J.; LI,Z.; SONG,S.; WU,N. Exploring Differences between Charge and Discharge of LiMn2O4/LiHalf-cell with Dynamic Electrochemical Impedance Spectroscopy. *ElectrochimicaActa*, v.131, p. 228–235, 2014.

ZHANG, X.L.; JIANG, Z .H.; YAO, Z. P.; SONG, Y.; WU, Z. D.Effects of scan rate on the potentiodynamic polarization curve obtained to determine the Tafel slopes and corrosion current density. *Corrosion Science*, v. 51, p. 581–587, 2009.

THIRUMALAIKUMARASAMY, D.; SHANMUGAM, K.; BALASUBRAMANIAN, V. Comparison of the corrosion behaviour of AZ31B magnesium alloy under immersion test and potentiodynamic polarization test in NaCl solution. *Journal of Magnesium and Alloys*, v. 2, p. 36e49, 2014.

CORROSION DOCTORS. Potentiodynamic polarization methods. Disponível em: < <http://corrosion-doctors.org/Electrochem/PotPol.htm>>. Acesso em 12 de out. 2016.

PRINCETON APPLIED RESEARCH. Application Note CORR-1, Basics of Corrosion Measurements.p.4-5.

DEDAVID,B. A.; GOMES,C. I.;MACHADO,G. Microscopia eletrônica de varredura: Aplicações e preparação de amostras.PUCRS, p. 9-10, 2007

MENEZES, Fernanda. ESTUDOS DE RESISTÊNCIA À CORROSÃO E VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DE ELETRODEPÓSITOS DE Ni-Fe COMO SUBSTRATO PARA CROMO DECORATIVO. 2014. 51 folhas – UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

FONTE: Postentiosato/galvanostatoAutolab PG STATE 30®.