

Copyright 2010, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2010, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2010.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Construção De Procedimentos Experimentais Para Curso Técnico Da Área Naval A Partir Da Adaptação De Normas ASTM

¹Marcos Paulo Moura de Carvalho, ²Ivan Napoleão Bastos, ³Alex Sander Duarte da Matta, ⁴Andrew Martins Araújo, ⁵Egberto Temperini, ⁶Thaís Malheiros, ⁷Thiago Barcelos

Abstract

ASTM standards for corrosion tests show pedagogical potential when adapted to run on practical lessons for students of technical courses. This paper presents the goals, the methodology and the results obtained by the deployment project of the Electrochemistry and Corrosion Laboratory (LABECORR) of Henrique Lage State Technical College (ETEHL), under the academic guidance of the Polytechnic Institute - University of the State of Rio de Janeiro (IPRJ-UERJ) with financing of FAPERJ (process E-26/111.186/2008). The project is based on the construction of experimental procedures to be performed by the students of the 2nd year of shipbuilding and marine machines technical courses in their corrosion classes. Those procedures are adaptations of eleven previously selected ASTM standards. Ease of implementation, the test time, weight loss, visual assessment, variations in color, pH and presence of insoluble compounds were the parameters for the adaptation of ASTM standards, seeking to maintain their original scopes, analysis tools and meaningful results.

Resumo

As normas ASTM, além de padronizar procedimentos relativos a ensaios de corrosão, revelam grande potencial pedagógico quando adaptadas para execução em aulas práticas por alunos de cursos técnicos. Este trabalho apresenta os objetivos, a metodologia adotada e os resultados obtidos pelo projeto de implantação do Laboratório de Eletroquímica e Corrosão (LABECORR) da Escola Técnica Estadual Henrique Lage (ETEHL), sob orientação acadêmica do Instituto Politécnico da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IPRJ-UERJ) e com financiamento da FAPERJ (processo E-26/111.186/2008). O projeto fundamentou-se na construção de procedimentos experimentais a serem executados pelos alunos do 2º ano dos cursos técnicos de Construção Naval e de Máquinas Navais que cursam a disciplina Corrosão, procedimentos estes frutos de adaptações de onze normas ASTM selecionadas previamente. Facilidade de execução, tempo de ensaio, perda de massa, avaliação visual, variações de coloração, pH e formação de produtos insolúveis foram os parâmetros adotados para a adaptação das normas, buscando manter seus escopos originais e ferramentas de análise e significação de resultados.

Palavras-chave: normas ASTM, curso técnico, aulas práticas em corrosão

¹Professor - Escola Técnica Estadual Henrique Lage, Instituto Politécnico do Estado do Rio de Janeiro

²Dr-Professor Adjunto - Instituto Politécnico do Estado do Rio de Janeiro

³Mestre – Escola Técnica Estadual Henrique Lage

^{4,5,6,7}Alunos – Escola Técnica Estadual Henrique Lage

Introdução

O processo de adaptação de algumas normas ASTM relativas a ensaios de corrosão para a construção de procedimentos experimentais a serem aplicados nas aulas práticas de corrosão de cursos técnicos da área naval é apresentado neste trabalho. A trajetória de elaboração do projeto, a fundamentação teórica, a metodologia de adaptação, resultados obtidos e as correlações entre conteúdos conceituais e procedimentais são descritos e discutidos objetivando demonstrar o potencial pedagógico do uso de procedimentos normatizadores convencionados internacionalmente em atividades que articulam as dimensões teórica e prática do curso de corrosão em nível médio técnico.

Justificativa e trajetória do projeto

O projeto de reestruturação curricular do Ensino Médio empreendido pelo Governo Federal a partir de 1996 com a promulgação da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) - Lei 9394/96 – está centrado em dois grandes vetores: a inserção da educação escolar no novo paradigma tecnológico da sociedade humana (microinformática, telecomunicações, integração de sistemas em redes, nanotecnologia, biotecnologia, etc.) e na ruptura com o modelo tecnicista vigente nas décadas de 70 e 80 e consequente adoção de um modelo de viés generalista, com maior integração entre as áreas de Ciências Humanas, Ciências da Natureza e de Linguagens. Logo em seu artigo 1º, § 2º, a LDB coloca em termos explícitos que o Ensino Médio, como parte da formação escolar, “*deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social*”. Mais à frente, no artigo 22, a LDB expressa que o Ensino Médio “tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o *exercício da cidadania* e fornecer-lhe meios para *progredir no trabalho e em estudos posteriores*” (1,2).

Esse novo paradigma educacional estabelecido na LDB em consonância com os princípios contidos na própria Constituição Federal emerge da compreensão de que as competências necessárias para o pleno desenvolvimento da cidadania convergem para aquelas desejáveis nos meios de produção. No artigo 35 item III da LDB, constatamos que uma das finalidades do Ensino Médio é “a compreensão dos *fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos*, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina”.

Esta integração do campo educacional formal com o mundo do trabalho e com o campo científico-tecnológico é reforçada no capítulo III da LDB, que trata da Educação Profissional. Esta modalidade de ensino, comumente chamada de “profissionalizante” ou “parte técnica” nas escolas técnicas e estabelecimentos de ensino correlatos, passa a estar formalmente integrada a todos os níveis do sistema educacional (fundamental, médio e superior) e deverá conter estratégias de *educação continuada* para os que já exercem atividade profissional (artigos 39 e 40).

É este o contexto institucional que se apresentou para as escolas técnicas a partir da segunda metade da década de 90, escolas cujos currículos passam, então, a procurar a articulação entre o ensino médio regular e a educação profissional, seja em caráter concomitante, seja na modalidade seqüencial (pós-médio). Além disso, a crescente complexidade do mercado de trabalho exige constantes reformulações curriculares dos cursos existentes e a proposição de novos cursos e de novas disciplinas (3). A maior qualificação profissional demandada pelo mercado requer que as escolas técnicas

proporcionem a seus alunos um ambiente pedagógico caracterizado pela consistente formação teórica e pela mais ampla carga horária de atividades práticas em laboratórios, oficinas e demais espaços nos quais os alunos possam vivenciar rotinas e procedimentos com a maior semelhança em relação ao que eles irão encontrar no mundo do trabalho.

A Escola Técnica Estadual Henrique Lage (ETEHL), instituição atualmente vinculada à Fundação de Apoio à Escola Técnica (FAETEC) da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação (SECTI), ministra cursos técnicos de nível médio a mais de 80 anos na cidade de Niterói. Trata-se, portanto, de uma escola de forte tradição na formação profissional para as indústrias locais, notadamente para o setor naval. Atualmente, a ETEHL oferece cinco cursos técnicos nas modalidades concomitante e sequencial: Edificações, Eletrônica, Eletrotécnica, Estruturas Navais e Máquinas Navais. Estes dois últimos foram reintroduzidos recentemente por conta da gradual retomada dos investimentos na indústria naval fluminense que se verificou na última década, aumentando, portanto, a demanda por profissionais de nível técnico. As grades curriculares destes dois cursos foram atualizadas com a introdução de novas disciplinas, dentre elas: *Corrosão*.

A proposta de inclusão da disciplina Corrosão foi feita formalmente pela Equipe de Química à Coordenação dos cursos do setor naval, sendo encaminhada à Divisão de Desenvolvimento de Ensino (DDE) da FAETEC e por esta aprovada no mesmo ano. As aulas da disciplina começaram a ser ministradas no ano posterior por professores da Equipe de Química da ETEHL, com grande interesse por parte dos alunos da escola em virtude de sua extensa aplicabilidade e significação econômica, ambiental e social. Destaque-se que a Equipe de Química faz parte da área de Ciências da Natureza e Matemática, uma das que compõem o currículo de Ensino Médio da ETEHL. Ciente da necessidade de articulação entre Ensino Médio e Educação Profissional para elevar a qualificação profissional na formação inicial e abrindo a perspectiva de cursos de formação continuada, a Equipe de Química apresentou a proposição de uma nova disciplina integrante do currículo de Educação Profissional. Este é um dos aspectos mais centrais da introdução da disciplina Corrosão nos cursos da área naval: o seu caráter integrador entre a área de Ciências da Natureza e Matemática com a Educação Profissional, buscando a superação entre a dicotomia entre a formação generalista e a formação especialista tão presente na história do Ensino Médio (2).

A partir do segundo semestre de 2007, a Equipe de Química inicia a elaboração de um projeto para a construção de um *Laboratório de Eletroquímica e Corrosão* (LABECORR), com o objetivo fundamental de cumprir os preceitos estabelecidos pela LDB e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio e para a Educação Profissional, ou seja, fazer com que haja perfeita articulação entre os modelos teóricos e as atividades práticas desenvolvidos pela disciplina, proporcionando uma substancial melhoria na qualidade da formação inicial dos profissionais de nível médio da ETEHL e a possibilidade de introduzirmos programas de formação continuada em parceria com o setor privado.

Para tanto, a Equipe de Química avaliou que havia a necessidade de buscar uma parceria acadêmica com alguma Universidade que desenvolvesse uma linha de pesquisa na área da Corrosão. O Instituto Politécnico do Rio de Janeiro da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IPRJ-UERJ) foi a instituição escolhida em virtude da excelência acadêmica de sua produção científica e por sua forte interação com o setor privado através de programas como a incubadora de empresas, Escritório de Transferência Tecnológica (ETT), Núcleo de Desenvolvimento e Difusão Tecnológica (ND²TEC).

Metodologia

Os professores da ETEHL e do IPRJ-UERJ adotaram como metodologia de trabalho a execução de ensaios de corrosão estabelecidos a partir da adaptação das normas da *American Society for Testing Materials* (ASTM), instituição normatizadora de âmbito internacional. Tais ensaios atendem perfeitamente aos objetivos do LABECORR, ou seja, proporcionar a realização de aulas práticas de eletroquímica e corrosão aos alunos da ETEHL e habilitar a escola para, futuramente, a prestação de serviços técnicos para as indústrias da região. Um destaque especial deve ser dado às empresas do setor naval e as que surgirão com o início das atividades do Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro (COMPERJ) em terreno fronteiro dos municípios de Itaboraí e Cachoeiras de Macacu, previsto para o ano de 2012. Além disto, com a implantação do LABECORR, será possível a própria qualificação dos docentes envolvidos que poderão realizar a parte experimental de dissertações de mestrado e teses de doutorado neste laboratório.

As normas ASTM, listadas a seguir, foram selecionadas em função da abrangência de sua aplicabilidade para a indústria, da adoção de parâmetros estatísticos para que os ensaios sejam conduzidos com confiabilidade metodológica e pelo baixo custo relativo de seus equipamentos, reagentes e vidrarias.

ASTM G 1: Preparação, limpeza e avaliação de corpos de prova em ensaios corrosivos, aplicado em conjugação com todos os demais ensaios (4).

ASTM G 15: Terminologia padrão relacionada à corrosão e testes de corrosão, norma que padroniza a linguagem em relatórios e publicações acadêmicas (5).

ASTM G 16: Aplicação de estatística na análise de dados em corrosão, norma que determina os parâmetros estatísticos necessários para determinar a confiabilidade metrológica dos demais ensaios (6).

ASTM G 31: Testes de corrosão em imersão aplicados a metais, reações que simulam a exposição de estruturas metálicas a soluções corrosivas, como ocorrem na operação de embarcações, píeres de atracação, plataformas de prospecção, etc (7).

ASTM G 36: Avaliação de resistência à corrosão sob tensão fraturante de metais em solução em ebulição de MgCl_2 (8).

ASTM G 37: Uso da solução de Mattson de pH 7,2 para avaliar a suscetibilidade de ligas Zn-Cu à corrosão sob tensão fraturante (9).

ASTM G 48: Resistência à corrosão por pite e crêvice de aços inoxidáveis e ligas afins em solução de FeCl_3 (10).

ASTM G 52: Exposição e Avaliação de metais e ligas em água do mar (11).

ASTM G 69: Medida de potenciais de corrosão em ligas de alumínio (12).

ASTM G 78: Ensaios de corrosão em frestas (crêvice) em ligas a base de ferro e níquel e aços inoxidáveis em água do mar e outros meios que contém cloreto (13).

ASTM G 103: Condução de testes de corrosão sob tensão fraturante em ligas de Al-Zn-Mg com baixo teor de Cu em soluções de NaCl 6% (14).

O projeto de implantação do LABECORR na ETEHL foi apresentado à Fundação de Amparo à Pesquisa Carlos Chagas Filho (FAPERJ) em maio de 2008 dentro dos parâmetros do edital nº 06/2008. Com a aprovação do projeto, foi possível realizar a aquisição de equipamentos, reagentes e vidrarias, instalação dos equipamentos, seleção e treinamento dos alunos bolsistas, construção de procedimentos adaptados das normas, execução dos procedimentos por partes dos alunos bolsistas e avaliação dos procedimentos no que tange à adequação de tempo, segurança e significação pedagógica.

O treinamento dos quatro alunos selecionados para trabalharem como bolsistas de pré-iniciação científica (Bolsa Jovens Talentos) consistiu em três etapas básicas:

- ⇒ Normas de segurança em laboratórios
- ⇒ Procedimentos básicos em laboratórios
- ⇒ Técnicas analíticas, aferição e calibração de equipamentos de laboratório

Após a etapa de treinamentos dos alunos bolsistas, iniciou-se a etapa central do projeto, ou seja, a adaptação das normas ASTM selecionadas. A metodologia de adaptação foi definida em cinco estágios:

- ⇒ Estudo pormenorizado do texto de cada norma ASTM
- ⇒ Resumo do procedimento para execução em dois tempos de aula (100 minutos)
- ⇒ Execução do procedimento
- ⇒ Análise dos resultados e da facilidade de execução
- ⇒ Modificações do procedimento até avaliação satisfatória da equipe

O estudo pormenorizado dos textos objetivou a identificação do objetivo principal da norma e de como o procedimento experimental proposto conduz a realização daquele. A partir deste ponto, a equipe (professores e alunos) elaborou coletivamente uma primeira versão de um procedimento experimental obtido a partir de uma simplificação do que é prescrito na norma. Esta simplificação visa, principalmente, fazer com que o tempo total de execução do procedimento seja inferior a 100 minutos (2 tempos de 50 min) que é a duração de cada aula de Corrosão. Outras metas da simplificação procedimental são: a minimização de risco e a adequação aos equipamentos e vidrarias disponíveis no LABECORR.

Após estabelecimento de consenso sobre a versão preliminar, a equipe executou o procedimento, avaliando o tempo de execução e registrando todos os fenômenos ocorridos durante o ensaio, notadamente: mudança de coloração da solução, formação de produtos insolúveis ou evolução de fase gasosa, alterações na superfície do corpo-de-prova, variação de pH, corrente ou potencial elétrico captados por multímetro digital.

De acordo com os resultados obtidos, a equipe introduziu modificações no procedimento até que a avaliação fosse satisfatória. O estabelecimento do formato final de cada procedimental experimental foi decorrente da satisfação dos seguintes critérios:

- ⇒ Simplicidade de execução, objetividade e clareza do texto (máximo 2 páginas)
- ⇒ Número pequeno de etapas no procedimento (pesagem, preparo de soluções, etc.) de forma que o tempo total de execução seja inferior a 100 minutos
- ⇒ Variação de massa do corpo-de-prova superior a 5,0 mg medida em balança analítica (precisão de 0,1 mg)
- ⇒ Ocorrência de alguma mudança na solução perceptível visualmente (alteração de cor, evolução gasosa, precipitação de sólido insolúvel, etc.)
- ⇒ Mudanças nos valores de diferença de potencial entre eletrodos (par galvânico ou metal com eletrodo de referência) ou de corrente elétrica medidas em multímetro digital
- ⇒ Alterações de pH medidas em pHmetro de bancada ou papel indicador universal
- ⇒ Reprodutibilidade dos resultados
- ⇒ Correlação entre os conteúdos procedimentais da aula prática com os conteúdos conceituais desenvolvidos nas aulas teóricas

Resultados e Discussões

O trabalho de adaptação das normas ASTM que implicam em procedimentos experimentais a serem usados nos ensaios de corrosão iniciou-se depois que uma das salas da ETEHL (sala 207) foi disponibilizada pela direção para abrigar os materiais e funcionar como laboratório temporário até que as instalações definitivas do LABECORR estivessem prontas. Registre-se que o LABECORR é um equipamento técnico-pedagógico que não existia até este projeto. Logo, suas instalações físicas serão construídas na segunda etapa da reforma da ETEHL, segundo o convênio firmado entre a FAETEC e a Petrobras visando à formação de mão-de-obra técnica para o Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro (COMPERJ), cuja execução está prevista para segundo semestre de 2010.

A fim de que o projeto não sofresse solução de continuidade, o coordenador e os professores responsáveis decidiram, com aval da direção, adaptar a sala 207 para que o trabalho experimental pudesse ser conduzido nela. Foram instalados na sala um ponto de água, aparelhos de ar condicionado e algumas mesas antigas foram transformadas em bancadas (figuras 1A, 1B e 1C).

Portanto, todas as etapas do trabalho descritas na seção anterior (metodologia) foram desenvolvidas na sala 207 pelos membros da equipe do projeto.

O processo de adaptação das normas ASTM produziu os procedimentos experimentais em corrosão (PEC) listados a seguir, com suas respectivas discussões:

PEC 02.01 – Preparação, limpeza e avaliação dos corpos-de-prova em ensaios corrosivos.

PEC 02.02 – Terminologia padrão fenômenos e ensaios de corrosão.

PEC 02.03 – Aplicação de estatística na análise de dados de corrosão.

PEC 02.04 – Ensaio de perda de massa exposto em solução aerada e com agitação.

Estes quatro procedimentos experimentais consistem basicamente na tradução dos textos originais das normas ASTM G1, G15, G16 e G31 respectivamente. Algumas simplificações foram feitas pelos professores em partes dos procedimentos que não tem interesse direto para os alunos de um curso técnico. Foram integralmente mantidos procedimentos como polimentos, preparo de soluções, definições, fórmulas, unidades de medida e parâmetros de aceitação.

PEC 02.05 – Avaliação da resistência à corrosão de ligas metálicas em solução de $MgCl_2$.

Procedimento adaptado da norma ASTM G36. Os primeiros ensaios com temperaturas abaixo da ebulição (50, 70 e 80 °C) não produziram alterações de massa superiores à incerteza da medida na balança analítica. O ensaio deve mesmo ser conduzido com a solução em ebulição, portanto, com o uso de condensador conectado ao erlenmeyer visando refluxo do vapor d'água.

Não se observa qualquer alteração na solução ou no pH. Os corpos-de-prova utilizados nos ensaios (ferro fundido e aço-carbono) revelaram pequeníssimas marcas dendríticas na superfície, perceptíveis a olho nu.

Houve perda de massa na ordem de 2,0 mg quando o aquecimento a refluxo é feito por 1 hora. Trata-se de uma perda pequena, porém reprodutível. Assim, a perda de massa e o exame visual comprovam a ocorrência do fenômeno corrosivo.

PEC 02.06 – Avaliação da susceptibilidade à corrosão de ligas de cobre e zinco na solução de Mattsson em pH 7,2.

Procedimento realizado com poucas modificações em relação ao texto da norma ASTM G37. O preparo da solução de Mattsson ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ e NH_4OH) revelou-se como o aspecto que mais despertou o interesse dos alunos. Conforme pode ser observado nas figuras X e Y, a mistura das soluções dos sulfatos de amônio e de cobre com a solução de hidróxido de amônio resulta em um sistema trifásico onde cada fase possui uma cor diferente. Este fenômeno deu ensejo a discussões sobre densidade, solubilidade, tensão interfacial, coloração de substâncias e formação de complexos metálicos (figura 2).

A formação de um produto insolúvel branco (provavelmente hidróxido de cobre) com seu gradual desaparecimento é o processo que justifica a prescrição de que a solução deva ser deixada em repouso por 1 semana antes do ensaio. A dissolução do precipitado leva 7 dias para ocorrer.

Os corpos-de-prova de cobre apresentaram pequenas perdas de massa, da ordem de 1,0 mg ou menos quando o ensaio é realizado no tempo de aula a temperatura ambiente. A perda de massa aumenta para valores mais significativos quando o ensaio é realizado por tempo mais longo (uma vez que a temperatura de ensaio, segundo a norma, deve ser ambiente). Não se registraram outras alterações apreciáveis.

PEC 02.07 – Avaliação da resistência à corrosão por pites e crêvices em aços inoxidáveis e ligas correlatas em solução de FeCl_3 .

Procedimento derivado da norma ASTM G48 com poucas adaptações. Corpos-de-prova, solução e temperatura são os mesmos da norma.

A solução de cloreto férrico, devido a sua coloração e pH baixo, suscitou discussões sobre coloração de íons de metais de transição (uso do modelo atômico de Rutherford-Bohr para os saltos dos elétrons) e sobre hidrólise de aquo-íons como o $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$.

O intenso ataque da solução sobre os corpos-de-prova, incluindo amostras do aço inoxidável AISI 304, despertou vivo interesse dos alunos uma vez que há boa formação de produto insolúvel magnetizável e surgimento de vários pontos de corrosão na superfície metálica. Tais resultados experimentais levaram à pesquisa da natureza magnetizável do composto insolúvel, identificado pelos alunos como sendo a magnetita (Fe_3O_4). Outro conceito construído pelos alunos foi o de corrosão por pites, destruindo o conceito prévio de que a corrosão sempre se apresenta uniformemente na superfície (figuras 3A e 3B).

Este procedimento foi o que apresentou maior perda de massa, da ordem de 50,0 mg ou mais em 1 hora de ensaio.

Todos os fatos citados acima caracterizam um procedimento experimental que é, ao mesmo tempo, próximo à norma ASTM e de alto valor pedagógico.

PEC 02.08 – Avaliação da resistência à corrosão de ligas metálicas em água do mar superficial.

Procedimento adaptado da norma ASTM G52 praticamente sem alterações. Como se trata da avaliação do caráter corrosivo da água do mar, o maior interesse dos alunos residiu no processo de amostragem e de caracterização físico-química das amostras. O ensaio de imersão, por si, não apresentou alterações visuais de qualquer natureza, tendo a perda de massa como único parâmetro mensurável da ocorrência da corrosão. Mesmo

assim, o tempo de ensaio precisa ser longo (1 mês ou mais) para se obter resultados significativos.

PEC 02.09 – Medição do potencial de corrosão em ligas de alumínio.

Procedimento derivado da norma ASTM G69 sem nenhuma adaptação, ou seja, o PEC 02.09 corresponde exatamente ao texto da norma. Todos os aspectos do procedimento despertaram grande interesse por parte dos alunos.

O uso do multímetro digital no procedimento deu ensejo a discussões sobre a correlação entre as principais grandezas da eletrodinâmica (potencial, corrente e resistência) e suas unidades. A adequação das escalas foi uma dificuldade apresentada pelos alunos por envolver aplicação de proporções e cálculos com mudanças de unidade (figuras 4A e 4B).

O eletrodo de referência utilizado (eletrodo de calomelano saturado, o mesmo da norma) suscitou a discussão sobre a relação entre o equilíbrio químico e a estabilidade do potencial eletroquímico. Por via de consequência, o conceito de potencial de circuito aberto (ou potencial de corrosão) foi construído pelos alunos pela relação entre os valores de potencial e de corrente (neste caso, zero nas escalas de ampère e miliampère do multímetro).

Outro aspecto relevante foi o registro de uma série de resultados, ao longo de uma hora a cada 5 minutos, adotando como resultado final a média dos últimos sete. Os conceitos de média, erro sistemático e repetibilidade foram levantados durante a discussão.

Nenhuma alteração visual foi observada tanto nos corpos-de-prova quanto nas soluções, o que era esperado em função de não haver reação neste procedimento.

PEC 02.10 – Avaliação de corrosão por crêvice em aços inoxidáveis em água do mar e outras soluções com íons cloreto.

Procedimento adaptado da norma ASTM G78 com poucas modificações. A maior dificuldade deste procedimento foi a simulação da crêvice (fresta) nos corpos-de-prova de aço inoxidável. Vários pequenos artefatos foram usados, como porcas, arruelas e anéis de teflon. Entretanto, os elásticos comprados em papelarias foram os que apresentaram melhor desempenho por ajustarem-se às superfícies sem folgas.

Pequenas perdas de massa foram detectadas, aliadas a linhas descontínuas de corrosão ao longo das vizinhanças de onde ficaram os elásticos. Não houve alterações na solução.

A discussão relevante neste procedimento foi o conceito de corrosão por crêvice e sua correlação com a corrosão por pites a partir da construção do conceito de corrosão localizada (microcélulas eletroquímicas).

PEC 02.11 – Avaliação da corrosão em ligas metálicas a base de Al-Zn-Mg em solução de NaCl 6% em ebulição.

Procedimento derivado da norma ASTM G103, com poucas modificações. Em virtude de ser um ensaio de imersão sem a verificação de alterações visuais nas soluções e nos corpos-de-prova, pouco interesse houve por parte dos alunos. Sua discussão envolveu a composição dos corpos-de-prova e o aumento ebulioscópico do ponto de ebulição da solução de NaCl.

Um desdobramento da implantação do LABECORR na ETEHL, foi a apresentação de um trabalho científico no 29º Congresso Brasileiro de Corrosão (CONBRASCORR) sob o título de “ESTUDO DA CORROSÃO POR CRÉVICE EM AÇOS INOXIDÁVEIS”, autoria de Marcos Paulo Moura de Carvalho e Ivan Napoleão Bastos. Este trabalho recebeu o Prêmio Professor Vicente Gentil 2009 da Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO) como o melhor trabalho técnico apresentado neste congresso na modalidade apresentação oral. Esta premiação mostra sem dúvidas o compromisso com a qualidade das atividades desenvolvidas neste projeto.

Outro produto deste projeto foi a publicação de um artigo técnico para a revista **Corrosão e Proteção** Vol. 27, pp. 24-28, 2009, de autoria de Marcos Paulo Carvalho e Ivan Napoleão Bastos, e cujo título é “ESTUDO DA CORROSÃO POR CRÉVICE EM AÇOS INOXIDÁVEIS VV-50 E VV-53”, uma versão estendida do que foi apresentado no CONBRASCORR.

Adicionalmente, está sendo preparado outro artigo a ser submetido ao corpo editorial da **Química Nova na Escola** (publicação da Sociedade Brasileira de Química para a área de Ensino de Química), no qual esta experiência de construção de procedimentos experimentais aplicados em um laboratório didático de uma escola de ensino médio técnico será apresentada e discutida técnica e pedagogicamente.

Conclusões

Algumas normas ASTM, que padronizam ensaios para caracterizar e quantificar processos corrosivos, foram adaptadas para a construção dos procedimentos experimentais das aulas práticas a serem realizadas no Laboratório de Eletroquímica e Corrosão da Escola Técnica Estadual Henrique Lage. Todas as discussões levantadas durante a execução dos referidos procedimentos evidenciaram o potencial pedagógico da adaptação das normas posto que os alunos necessitam aplicar todos os conteúdos conceituais já conhecidos previamente junto a novos conceitos químicos, eletroquímicos, físicos e matemáticos para construir modelos teóricos que expliquem os fenômenos observados e os resultados quantitativos obtidos.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa Carlos Chagas Filho (FAPERJ) através do processo E-26/111.118/2008 (referente ao fomento de projetos relacionados à melhoria do ensino de Ciências e Matemática nas escolas públicas do Estado do Rio de Janeiro) pelo suporte financeiro dado a este trabalho.

Referências bibliográficas

- (1) BRASIL. **Lei nº 9394 de 20 de dezembro de 1996**. Brasília: 1996.
- (2) KUENZER, A. Z. **Ensino Médio – Construindo uma proposta para os que vivem do trabalho**. São Paulo: Cortez, 2000.
- (3). BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, 1998.
- (4) ASTM - American Society for Testing and Materials. **Annual Book of ASTM Standards**: Vol 03.02 – *Wear and Erosion; Metal Corrosion*. G 1 – 90: Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens Philadelphia: 1993.
- (5)_____. G 15 – 93: Standard Terminology relating to Corrosion and Corrosion Testing.
- (6)_____. G 16 – 93: Standard Guide for Applying Statistics to Analysis of Corrosion Data.
- (7)_____. G 31 – 72: Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals.
- (8)_____. G 36 – 87: Evaluating Stress-Corrosion-Cracking Resistance of Metals and Alloys in a Boiling Magnesium Chloride Solution.
- (9)_____. G 37 – 90: Use of Mattsson’s Solution of pH 7.2 to Evaluate the Stress-Corrosion Cracking Susceptibility of Copper-Zinc Alloys.
- (10)_____. G 48 – 92: Pitting and Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution.
- (11)_____. G 52 – 88: Exposing and Evaluating Metals and Alloys in Surface Seawater.
- (12)_____. G 69 – 81: Measurement of Corrosion Potentials of Aluminum Alloys.
- (13)_____. G 78 – 89: Crevice Corrosion Testing of Iron-Base and Nickel-Base Stainless Alloys in Seawater and Other Chloride-Containing Aqueous Environments.
- (14)_____. G 103 – 89: Performing a Stress-Corrosion Cracking Test of Low Copper Containing Al-Zn-Mg Alloys in Boiling 6% Sodium Chloride Solution.

Figuras



Figura 1 – sala 207



Figura 2 – Solução Mattsson



Figura 3B – produto insolúvel

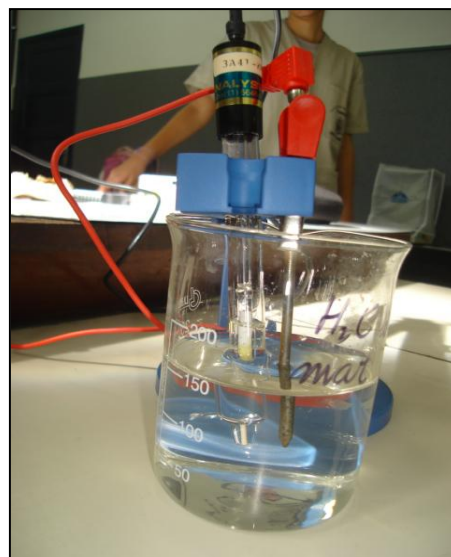


Figura 4A – eletrodo de referência