



O ENSINO DE CORROSÃO COM BASE NA AVALIAÇÃO CRÍTICA DO MOBILIÁRIO URBANO DE PRAÇAS E LOGRADOUROS PÚBLICOS

Fernando B. Mainier –mainier@nitnet.com.br

Departamento de Engenharia Química, Centro Tecnológico, Escola de Engenharia,
Universidade Federal Fluminense.

Pedro Ivo Canesso Guimarães - canesso@uerj.br

Fábio Merçon - mercon@cruiser.com.br

Departamento de Química Orgânica, Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de
Janeiro.

***Resumo:** Este trabalho é parte de um projeto educacional que visa dinamizar o Ensino de Química e de Corrosão nos Cursos de Engenharia, principalmente no Curso de Engenharia Química, alicerçado nos seguintes pontos: a) facilitar e ampliar a compreensão dos processos de corrosão e das técnicas de proteção anticorrosiva; b) despertar no estudante, a consciência técnico-crítica, com base na necessidade do desenvolvimento e do esclarecimento de mecanismos envolvidos em cada processo corrosivo. O ensino de corrosão na Universidade vem mostrando uma importância cada vez maior, visto que os problemas de corrosão atingem, praticamente, todos os segmentos da atividade humana e a grande maioria destes problemas poderia ser evitado se fossem aplicadas as técnicas anticorrosivas e os conhecimentos já estabelecidos. Desta forma, tomaram-se as praças e os logradouros públicos como um laboratório de pesquisa, onde os mobiliários urbanos públicos (bancos, floreiras, cestos de lixo, brinquedos de playground, etc.) e monumentos históricos estão sujeitos a corrosão atmosférica e a poluição. Objetiva-se, que os estudantes sejam capazes de desenvolver suas habilidades essenciais no desenvolvimento do tema “corrosão atmosférica” com base nos seguintes pontos: trabalho em equipe; análise e avaliação de informações a partir de observações; tomada de decisões a partir de quantidade restrita de informações; consulta de bibliografia técnica; confecção de relatório técnico e apresentação oral.*

***Palavras-chave:** Corrosão, Corrosão atmosférica, Ensino de corrosão, Mobiliário urbano.*

1. INTRODUÇÃO

O termo cidade é bastante amplo e, portanto não pode ficar restrito a sua localização geográfica. A cidade pode ser definida como um complexo demográfico, social e econômico formado por uma concentração populacional que se dedica as diversas atividades sejam industriais, comerciais e terciárias. Ela contempla uma série de acontecimentos diários que se entrelaçam com o passado e sua evolução histórica, estabelecendo um sistema coordenado de ações comunitárias que trazem consigo uma ordenação de terreno com ruas, calçadas, praças, estacionamentos, zonas de comércio, etc. Conseqüentemente um fluxo constante de manifestações sociais englobando o comércio, os serviços, o processo educativo, o sistema político, a saúde publica, as ações esportivas, entre outros, eterniza as relações da sociedade urbana com este espaço geográfico construído.

Segundo Querrien (1995), as grandes cidades concentram barulho, poeira, muito cinza, feiúra, aglomeração, dependência, *stress*, delinqüência, poluição, etc. O crescimento urbano e a falta de planejamento adequado na maioria das vezes levam, em contraposição ao desenvolvimento econômico e social, a um decaimento marcante do nível de vida da população sob diversos parâmetros. A redução dos espaços físicos, as alterações microclimáticas em razão de desmatamentos, poluição, projetos inadequados acabam direta ou indiretamente, trazendo problemas ao desenvolvimento e a própria vida diária de uma cidade.

Nos primórdios das civilizações, os despejos dos sistemas de produção, artesanais ou semi-industrializados, eram lançados no meio ambiente, principalmente nos cursos d'água ou no ar atmosférico. Não restam dúvidas de que havia, naquela época, uma preocupação com o mau cheiro ou com as fumaças agressivas que tais sistemas exalavam, de tal forma que, tanto na Grécia quanto na Roma Antiga, as fundições de cobre e prata, as fábricas de azeite, os matadouros e os curtumes eram localizados em zonas desabitadas e longe da cidade. No entanto, com o crescimento das cidades, tais sistemas ficavam cada vez mais próximos, a agressividade e o desconforto com o mau cheiro voltavam a incomodar e a preocupar; então, transferiam-se novamente os corpos poluidores para mais longe. E o problema ambiental continuava. Era apenas deslocado para pontos mais distantes.

Na década de 1940-1950, a poluição das grandes cidades do planeta era provocada, sobretudo pelo processo industrial. Entretanto, hoje, o fator que mais influencia são os meios de transporte, principalmente quando cerca de 73% de toda a poluição atmosférica urbana é creditada aos automóveis, caminhões e ônibus, enquanto 10% vêm das indústrias e 17% de fontes poluidoras diversas.

As praças públicas parecem áreas vivas nas grandes cidades, são micro-ambientes, algumas encontram-se sitiadas e cercadas, parecendo reféns dos grandes edificios e dos automóveis, enquanto outras parecem estar livres ao sabor dos ventos vindos do mar.

A proposta deste trabalho, segundo as idéias básicas de Giordan & Vecchi (1994), consiste no desenvolvimento de um processo de aprendizagem com base na construção de modelos didáticos, sejam utilizando equipamentos específicos ou até mesmo usando certos objetos do cotidiano, visando criar na experimentação as condições necessárias e fundamentais para que o conhecimento dos processos e os mecanismos de corrosão sejam, ao mesmo, tempo crítico e sistêmico.

O foco principal foi direcionado a avaliação crítica da corrosão atmosférica que afeta o mobiliário urbano e os monumentos existentes nas praças públicas, que devem perpetuar o passado, o presente e o futuro visando que as praças e os logradouros públicos sejam um patrimônio eterno da humanidade. As fotos (figura 1) a seguir, da praça Tiradentes, no Rio de Janeiro evidenciam esta ação corrosiva.



Fig. 1 – Vistas da Praça Tiradentes.

Diante destes fatos, o projeto de ensino está centrado nos seguintes objetivos:

- Transferir a sala de aula e o laboratório para a praça pública;
- Estimular o contato dos alunos com o cotidiano e o meio ambiente;
- Identificar, interpretar, caracterizar e analisar os princípios, as leis e os mecanismos envolvidos na corrosão atmosférica;
- Incentivar a curiosidade natural;
- Ampliar a capacidade do aluno de observar, refletir, analisar e de desenvolver o sentido de pesquisa e questionamento;
- Encorajar os alunos na pesquisa de dados históricos sobre as praças e monumentos.

No desenvolvimento deste processo de aprendizagem, objetiva-se uma progressiva interpretação dos acontecimentos neuronais, pois existe a necessidade do desenvolvimento de uma série de parâmetros, tais como: busca ativa e progressiva, seleção, exploração e integração de novas experiências. Todos esses fatores visam construir a mente consciente, que relaciona o conhecimento à visão crítica, item fundamental no processo de interação e inter-relações entre a Química, a Corrosão e o Cotidiano (Mainier & Mata, 1995).

2. CORROSÃO ATMOSFÉRICA

A literatura especializada apresenta uma série de estudos envolvendo a ação corrosiva provocada pela atmosfera em vários países do mundo. Diversos programas de avaliação procuram identificar as causas e determinar os índices que, direta ou indiretamente, podem servir de referência técnica para a proteção anticorrosiva (Mainier, Guimarães, & Merçon, 2002).

A ação agressiva do meio ambiente e a conseqüente proteção anticorrosiva dependem dos seguintes fatores:

- umidade relativa;
- salinidade;
- identificação e quantificação dos poluentes (gases e particulados);
- excrementos de animais (principalmente pássaros);
- variações cíclicas de temperatura;
- natureza dos materiais;
- microclima;

- tempo de permanência do filme de eletrólito sobre os materiais;
- direção e intensidade de correntes aéreas;
- chuvas;
- radiação ultravioleta.

As classificações referentes à corrosão atmosférica no âmbito da literatura especializada são amplas e variadas e segundo alguns autores como, Gentil (1996), Nunes & Lobo (1990), Nunes (1990) e Shreir (1978), a corrosão atmosférica pode ser classificada em função dos seguintes tipos de ambientes:

- **atmosfera rural seca** - locais, em geral no interior, onde não há gases industriais, sais em suspensão e com baixos valores de umidade relativa do ar;
- **atmosfera rural úmida** - locais, em geral no interior, onde não há gases industriais, sais em suspensão, mas apresenta umidade relativa alta;
- **atmosfera úmida** - regiões onde a umidade relativa é superior a 60 %;
- **atmosfera molhada** – locais onde a umidade relativa está próxima a 100% e ocorre a condensação de eletrólito na superfície metálica;
- **atmosfera junto à orla marinha**: regiões situadas até 500 m da orla marinha;
- **atmosfera marinha** – locais sobre o mar e na orla marítima;
- **atmosfera urbana** – ocorre em bairros e cidades onde se tem uma quantidade de gases provenientes da combustão de veículos automotores;
- **atmosfera industrial** – locais onde estão localizadas indústrias;
- **atmosfera muito poluída**; regiões onde há grande quantidade de indústrias poluentes.

A corrosão atmosférica pode ser evidenciada por dois tipos de mecanismos; a corrosão química que ocorre em ausência de eletrólito e a corrosão eletroquímica na presença de um eletrólito depositado sobre a superfície metálica.

No caso de um metal ou liga, a corrosão química consiste numa reação química entre o metal e o meio corrosivo, geralmente, um gás isento de umidade resultando na formação de um produto de corrosão sobre a superfície do metal.

O exemplo apresentado no esquema da figura 3, mostra uma placa de ferro, reagindo com sulfeto de hidrogênio (H_2S), na forma gasosa e na ausência de umidade. Inicialmente, ocorre a adsorção do gás (H_2S) na superfície do ferro e, posteriormente, o ataque, formando uma película de sulfeto ferroso (FeS).

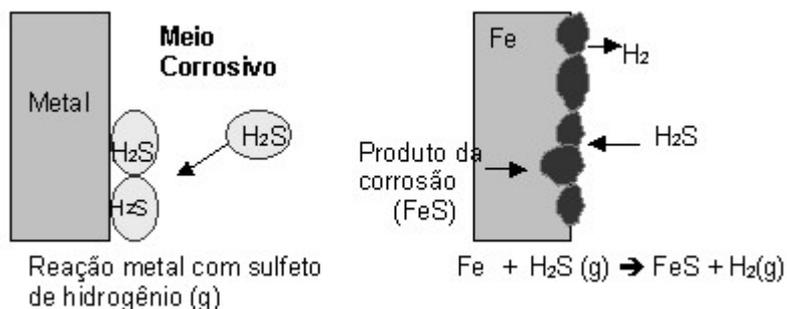
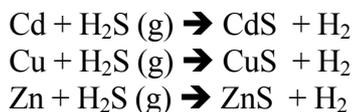


Figura 2 – Mecanismo de corrosão química

A formação de uma película quase impermeável sobre a superfície metálica pode inibir ou impedir a continuação do processo corrosivo, a qual é denominada de passivação. Outros metais como cádmio, cobre, prata e zinco também estão sujeitos aos mesmos mecanismos sendo representados pelas reações:



Na corrosão eletroquímica a transferência dos elétrons da região anódica para a catódica é feita por meio de um condutor metálico, e uma difusão de ânions e cátions na solução fecha o circuito elétrico.

A intensidade do processo de corrosão é avaliada pelo número de cargas de íons que se descarregam no catodo ou, então, pelo número de elétrons que migram do anodo para o catodo, conforme mostram o modelo e a reações envolvidas (figura 3).

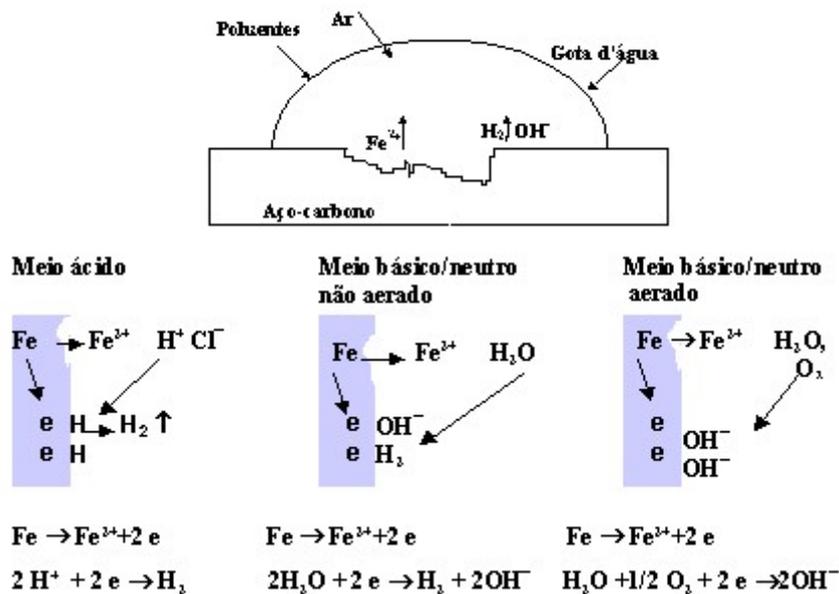


Figura 3 – Mecanismo de corrosão eletroquímica para corrosão atmosférica

Os mecanismos apresentados anteriormente mostram as reações eletroquímicas que ocorrem em metais e ligas, expostos aos três principais meios corrosivos, quais sejam: ácido, básico ou neutro não aerado e meio básico ou neutro aerado.

A constituição química do produto da corrosão vai depender do material e conseqüentemente dos constituintes do meio corrosivo. As atmosferas poluentes são provenientes de várias fontes primárias e secundárias resultando em vários gases corrosivos como: SO₂, SO₃, CO₂, NO_x, H₂S, etc.

Os produtos de corrosão para o aço-carbono se apresentam de várias formas e colorações variando desde o amarelo ao preto. Os principais óxidos de ferro encontrado nos depósitos são: FeO, γFeOOH, Fe₂O₃, Fe₂O₃.H₂O, Fe₃O₄.

Dos diversos poluentes detectados na atmosfera, os compostos de enxofre são, desde a década de 50, considerados como aqueles que mais afetam a vida humana. O dióxido de enxofre (SO₂), o sulfeto de hidrogênio (H₂S), os mercaptans (RSH) e o sulfato, sob a forma de H₂SO₄, são as formas mais comuns encontradas na atmosfera, embora o SO₂ seja o mais conhecido e determinado em todas as partes do mundo.

Trabalhos recentes de pesquisa sobre poluentes mostram que há um aumento do teor do SO₂ na atmosfera, estimada em cerca de 160 a 180 milhões de toneladas anuais, principalmente devido às emissões dos complexos industriais. Os custos destes danos têm sido bastante significativos sendo que na Europa, atualmente, estes custos estão orçados em nove bilhões de dólares por ano (Kucera et al. 1993).

Conseqüentemente todo este potencial poluente acaba se transformando no ciclo de poluição → corrosão → poluição que geram problemas intrínsecos as cidades e a população.

É importante assinalar a preocupação que começa a ser difundida no Brasil na preservação dos monumentos históricos e nos mobiliários urbanos para que as gerações posteriores tenham um patrimônio que possam cultivar para sempre.

3. DESCRIÇÃO DO PROJETO

Essencialmente, o projeto consta das seguintes etapas:

- Escolha das praças e logradouros que devem ser avaliados pelos grupos;
- Os grupos são constituídos com 4 ou 5 alunos;
- Seleção dos componentes do mobiliário urbano a serem fotografados e analisados;
- Equipamentos utilizados: máquina fotográfica digital, medidor de pH portátil, medidor de espessura, etc.
- Coleta de resíduos de corrosão para análises posteriores;
- Preparação do relatório e seminários:

Objetiva-se, que os alunos sejam capazes de desenvolver suas habilidades essenciais no aperfeiçoamento profissional com base nos seguintes pontos:

- Trabalho em equipe;
- Análise e avaliação de informações a partir de observações;
- Tomada de decisões a partir de quantidade restrita de informações;
- Consulta de bibliografia técnica;
- Confecção de relatório técnico;
- Preparação de apresentação explorando técnicas audiovisuais, incluindo a utilização de “softwares”;
- Apresentação oral.

4. PROJETO “CORROSÃO EM PRAÇA PÚBLICA”

A turma de 25 alunos, da disciplina Introdução à Engenharia Química, foi dividida em 5 grupos que escolheram a Praça “Nilo Peçanha” localizada na confluência das ruas Passo da Pátria e Presidente Domiciano, em Niterói (RJ).

Os alunos foram acompanhados pelo professor que solicitou a cada grupo uma estratégia de ação, que constou, essencialmente das seguintes etapas:

- Avaliação geral da praça e identificação fotográfica de monumentos, placas, bancos de jardim, lixeiras, brinquedos, etc;
- Recolhimento de produto de corrosão para análise no laboratório;
- Pesquisa bibliográfica sobre corrosão atmosférica e as correlações envolvendo poluição e meio ambiente;
- Pesquisa e avaliação histórica da atuação de Nilo Peçanha;
- Preparação do relatório;
- Preparação da apresentação no Seminário utilizando técnica de multimídia.

Na seqüência do projeto são apresentadas, a seguir, algumas fotos da atuação dos alunos na referida praça;

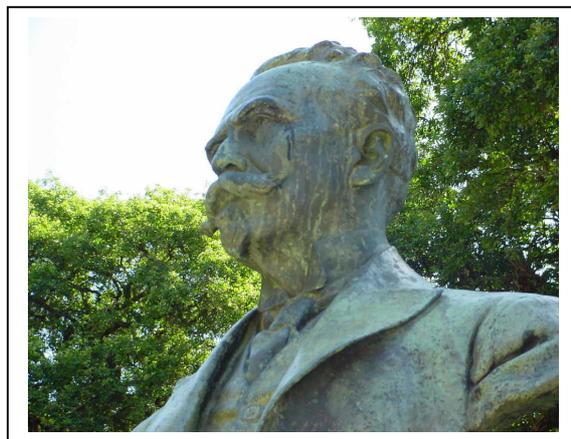
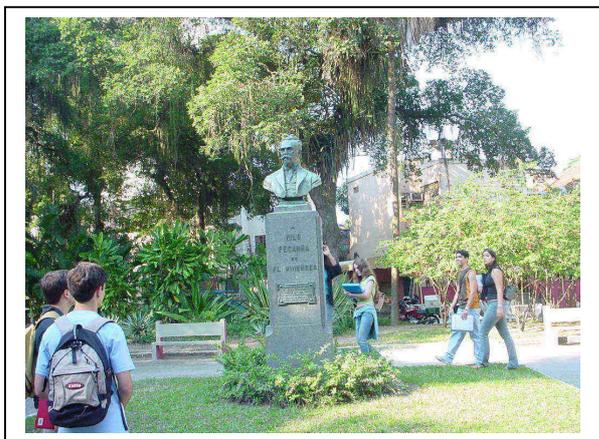


Figura 4 e 5 – Vista da Praça “Nilo Peçanha”.

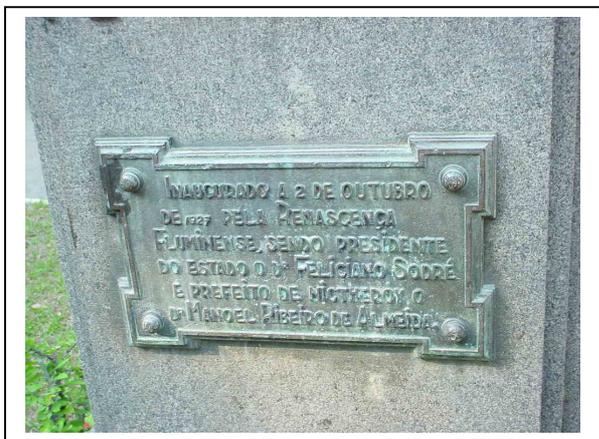


Figura 6 – Placa de inauguração da praça



Figura 7 – Banco de jardim e lixeira



Figura 8 e 9 – Aspecto de corrosão em concreto e corrosão na grade

A avaliação de cada grupo constou das seguintes partes:

- Descrição das etapas que envolveram o trabalho:

As principais dificuldades encontradas pelos grupos foram:

- a) Análise e identificação dos produtos de corrosão;
- b) Reunião do grupo em virtude das provas, aulas práticas, etc.

- Discussão do relatório:

Os relatórios realizados pelos grupos foram analisados levando em consideração: objetivo, avaliação histórica sobre o estadista Nilo Peçanha, descrição e avaliação do mobiliário urbano, fotografias, pesquisa bibliográfica, desenvolvimento e conclusão.

De uma maneira geral todos esses itens foram atendidos satisfatoriamente.

- Preparação e apresentação final do trabalho:

Os grupos prepararam a apresentação utilizando o “software power point” e apresentaram com boa desenvoltura, respondendo prontamente e explicando os questionamentos feitos por professores e alunos.

5. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES FINAIS

Conforme exposto anteriormente, as avaliações realizadas nas praças públicas sobre corrosão atmosférica nos mobiliários e monumentos históricos visaram evidenciar os seguintes pontos:

- facilitar e ampliar a compreensão dos processos de corrosão de materiais metálicos;
- despertar no aluno a necessidade do desenvolvimento e do esclarecimento dos mecanismos que regem os processos corrosivos;
- orientar os alunos no sentido da pesquisa e do questionamento, dando-lhes experiência básica no tipo de medições físico-químicas, que conduzem a resultados qualitativos e quantitativos visando as relações com o sistema produtivo;
- identificar e caracterizar cada um dos métodos científicos utilizados em química e reconhecer a significação de uma lei científica;
- despontar nos alunos a necessidade de relacionar os fatos históricos com o estudo de casos;
- despertar nos alunos a importância de sair da sala de aula para avaliar casos reais e sua correlação com o cotidiano;
- orientar os alunos na necessidade de relacionar os processos corrosivos com o meio ambiente;
- estimular a busca incessante da inovação tecnológica, através de projetos especiais, e, se necessário, romper os rumos dos experimentos tradicionais.

Finalmente, pode-se afirmar que o projeto denominado “Corrosão na Praça” atendeu totalmente aos requisitos educacionais, permitindo que o alunos obtivessem a fixação, direta e indireta, dos conceitos relacionados à tríade: corrosão-proteção anticorrosiva-meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GENTIL, V. **Corrosão**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 1996.

GIORDAN, André & VECCHI, Gérard. **Les origines du savoir des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques**. Paris; Delachaux et Niestlé, 1994, 212p.

KUCERA, V.; HENRIKSEN, J.; KNOTKOVA., D.; SJÖSTRÖM, D. Model for Calculations of Corrosion Costs caused by Air Pollution and Its Applications in Three Cities: **Anais**: Proc. 10th European Congr., Barcelona, 1993.

MAINIER, F. B.& MATA, S, F. Uma Visão dos Processos Corrosivos no Cotidiano. **Anais**: 18º Congresso Brasileiro de Corrosão, Associação Brasileira de Corrosão, 7 a 10 de novembro, Rio de Janeiro, 1995, 10p.



MAINIER, F.B.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. Experimentos utilizados na determinação de taxas de corrosão em materiais metálicos. **Anais**: In: XXX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE, 2002, CD-ROM, Piracicaba, São Paulo, Setembro, 2002.

NUNES, Laerce de P., LOBO & Alfredo Carlos O., **Pintura Industrial na Proteção Corrosiva**, Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1990.

NUNES, N.V. **Pintura Industrial Aplicada**. Rio de Janeiro: Maity Comunicação, 1990, 178p.

QUERRIEN, Anne, Civilização da cidade e patologias urbanas, in: **Ciência e Tecnologia Hoje**, São Paulo: Editora Ensaio, 1995.

SHREIR, L.L. **Corrosion**, vol I, Londres: Newnes-Butterworths, 1978

THE CORROSION EDUCATION ON THE BASIS OF THE CRITICAL EVALUATION OF THE URBAN FURNITURE OF SQUARES AND PUBLIC AREAS

Abstract: *This work is part of a set of experiments that intend the qualification of corrosion class in the Chemical Engineering undergraduate course at the Universidade Federal Fluminense (Fluminense Federal University) in the educational vision: a) to facilitate and to extend the understanding of the processes of corrosion and the techniques of anticorrosive protection; b) to awake in the student the necessity of the development and the clarification of involved mechanisms in each corrosive process. Education in corrosion in University has each more importance because failures caused by it can be observed in all human activity and most of these failures were avoided if the knowledge already established were carried out. The squares and the public areas will be used as a research laboratory, where the public urban furniture's (banks, flowerpots, garbage baskets, playground toys, etc.) and historical monuments are subject the atmospheric corrosion and the pollution. The students should be capable to develop their essential abilities in the development of the theme "atmospheric corrosion" with base in the following points: work in team, analysis and evaluation of the observations, taking of decisions from restricted amount of information, bibliography consultation, report preparation and oral presentation.*

Key-words: *Corrosion, Corrosion atmospheric, Corrosion education, Urban furniture.*