

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL DO ENSINO DE CORROSÃO NOS CURSOS DE ENGENHARIA NO BRASIL

Autor : Paulo César A. de Oliveira

Orientador: Rodnei Bertazzoli

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Paulo Cesar A.
de Oliveira E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 31/07/96


ORIENTADOR

OL4a

29384/BC

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS**

AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL DO ENSINO DE CORROSÃO NOS CURSOS DE ENGENHARIA NO BRASIL

Autor : Paulo César A. de Oliveira

Orientador: Rodnei Bertazzoli

Curso: Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Dissertação de Mestrado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 1996

S.P. - Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

OL4a Oliveira, Paulo César A. de
Avaliação da situação atual do ensino de corrosão nos
cursos de engenharia no Brasil / Paulo César A. de
Oliveira.--Campinas, SP: [s.n.], 1996.

Orientador: Rodnei Bertazzoli.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Corrosão. 2. Engenharia - Estudo e ensino. I.
Bertazzoli, Rodnei. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS**

Dissertação de Mestrado

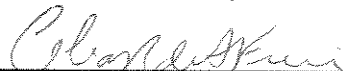
**AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL DO
ENSINO DE CORROSÃO NOS CURSOS
DE ENGENHARIA NO BRASIL**

Autor : Paulo César A. de Oliveira

Orientador: Rodnei Bertazzoli



Prof. Dr. Rodnei Bertazzoli, Presidente
Universidade Estadual de Campinas



Profa. Dra. Célia Marina de A. Freire
Universidade Estadual de Campinas



Profa. Dra. Zehbour Panossian
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Campinas, 31 de julho de 1996

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelos exemplos, renúncias, carinho e dedicação com que me educaram.

Ao Rodnei, pela compreensão, paciência, estímulo e dedicação na orientação deste trabalho, pelo seu incentivo acadêmico e pela coragem em aceitar um desafio novo, fora da sua linha normal de pesquisa.

Ao pessoal do laboratório: Fátima, Marcos, Mário, Rosana, Rosivânia e Sirlei, pelo incentivo e apoio constantes, mesmo morrendo de inveja das minhas viagens!

À Fátima e à Rosivânia, pelos inúmeros momentos de café - conselho na cantina...

Ao Eduardo e ao Marcos, pelos prontos socorros nos momentos de desespero com a informática!

Aos professores Mansur e Roseli, da Faculdade de Educação, pelos conselhos tão preciosos.

À Cristina, pelo apoio, incentivo e boa vontade em colocar à nossa disposição a biblioteca da ABRACO, e pelas pesquisas que realizou no Rio de Janeiro.

Aos bibliotecários da BAE e da Faculdade de Educação, que mostraram tanto profissionalismo ao nos atender e instruir.

À Marlene e à Tânia, pelas constantes vibrações de otimismo e incentivo.

À Angela e à Magda, pelo companheirismo e pela vigilância para não deixar a peteca cair.

Aos professores Vicente Gentil e Zehbour Panossian, pelo seu incentivo desde o início, pelos valorosos conselhos e pelos exemplos que tentarei seguir.

A todos os entrevistados, pela gentileza com que nos receberam e pela prontidão em colaborar com o trabalho.

A Bach, Beethoven, Brahms, Chopin, Haendel, Mozart, Ravel, Tchaikóvski e Vivaldi, pela companhia inspiradora nas madrugadas de digitação.

A todos os meus alunos, pela compreensão, pelo interesse e pela paciência...

Ao Deus do meu coração, que me cercou com sua presença, na pessoa de cada um dos que foram citados aqui!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. JUSTIFICATIVAS PARA A INVESTIGAÇÃO	1
1.1.1 A importância do ensino de corrosão	1
1.1.2 A comunidade de corrosionistas brasileiros	2
1.2. OBJETIVOS DA INVESTIGAÇÃO	3
1.3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	4
1.4. LIMITAÇÕES DA INVESTIGAÇÃO	4
2. REVISÃO DA LITERATURA SOBRE O ENSINO DE CORROSÃO	6
2.1. INTRODUÇÃO	6
2.2. BUSCANDO O COMEÇO...	7
2.2.1 O homem e os metais	7
2.2.2 Os metais e o homem	8
2.2.3 A eletroquímica	9
2.2.4 A corrosão	10
2.2.5 O ensino de corrosão...	11
Na Europa e Estados Unidos	11
No Brasil	12
2.2.6 Conclusão	14
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ADOTADOS NA INVESTIGAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DOS CORROSIONISTAS BRASILEIROS	15
3.1. INTRODUÇÃO	15
3.2. O “NÃO” À ESTATÍSTICA SIMPLES: JUSTIFICANDO O MODELO DE ANÁLISE ADOTADO	15
3.2.1 A observação participante	16
3.2.2 A análise documental	16
3.2.3 A entrevista	17
3.2.4 A análise de conteúdo	17
3.3. COLETA DE INFORMAÇÕES	18
3.3.1 Seleção da clientela	18
3.3.2 Realização das entrevistas	20
3.3.3 Análise de conteúdo das informações	22
Pré-análise	23
Codificação	23
Categorização	27
Análise e interpretação dos dados	28

4. PROPOSIÇÕES DOS CORROSIONISTAS BRASILEIROS SOBRE O ENSINO DE CORROSÃO NO BRASIL _____ 29

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROFISSIONAL CORROSIONISTA BRASILEIRO DE HOJE _____ 30

4.1.1 Formação acadêmica _____ 30

4.1.2 Como e onde trabalham _____ 31

4.1.3 O treinamento em corrosão nas empresas _____ 32

4.1.4 A massa crítica dos corrosionistas e os problemas de comunicação _____ 33

4.2. IMPORTÂNCIA DA FORMAÇÃO EM CORROSÃO NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO _____ 34

4.3. O ENSINO ATUAL DE CORROSÃO NOS DIVERSOS CURSOS _____ 36

4.4. PRINCIPAIS DIFICULDADES APRESENTADAS PELOS ALUNOS NO ESTUDO DA CORROSÃO. _____ 37

4.4.1 Os pré - requisitos para estudar corrosão _____ 39

4.5. OS REFLEXOS DA FORMAÇÃO NO CAMPO DE TRABALHO _____ 40

4.5.1 O profissional de corrosão de hoje conhece corrosão? _____ 40

4.5.2 A empresa procura por cursos de formação? _____ 42

4.5.3 Os cursos de curta duração _____ 43

4.6. CORROSÃO: DISCIPLINA OBRIGATÓRIA? _____ 44

4.7. COMO DEVERIA SER A FORMAÇÃO EM CORROSÃO? _____ 48

4.7.1 O conteúdo programático _____ 48

4.7.2 Aulas práticas? _____ 50

4.8. O PERFIL DESEJADO PARA O PROFISSIONAL DE CORROSÃO _____ 53

5. ANÁLISE DAS PROPOSIÇÕES DOS CORROSIONISTAS ENTREVISTADOS _____ 55

5.1. O PROFISSIONAL DE CORROSÃO BRASILEIRO _____ 55

5.2. O ENSINO DE CORROSÃO _____ 59

5.2.1 Sua importância _____ 59

5.2.2 A forma de inserção da corrosão nos currículos _____ 60

A ementa para o ensino de corrosão _____ 60

O currículo mínimo dos cursos de engenharia _____ 61

O ensino de corrosão pelo currículo mínimo _____ 63

Uma disciplina específica para corrosão _____ 67

Atividades experimentais _____ 69

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
--------------------------------	-----------

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	74
---	-----------

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
-----------------------------------	-----------

ANEXOS

ANEXO A - Relação das unidades de registro que deram origem ao tema 2: A importância da formação em corrosão nos cursos de graduação	80
---	-----------

ANEXO B - Observações que levaram à discussão do tema 3: O ensino atual de corrosão nos diversos cursos	81
--	-----------

ANEXO C - Relação de unidades de registro que deram origem ao tema 4: Principais dificuldades apresentadas pelos alunos no estudo da corrosão	82
--	-----------

ANEXO D - Relação de unidades de registro que deram origem ao tema 5: Os reflexos da formação no campo de trabalho	83
---	-----------

ANEXO E - Relação de unidades de registro que deram origem ao tema 6: Corrosão: disciplina obrigatória	85
---	-----------

ANEXO F - Relação de unidades de registro que deram origem ao tema 7: Como deveria ser a formação em corrosão?	86
---	-----------

ANEXO G - Relação de unidades de registro que deram origem ao tema 8: O perfil desejado para o profissional de corrosão	87
--	-----------

ANEXO H - Relação das universidades, institutos de pesquisas e empresas contactadas	88
--	-----------

LISTA DE FIGURAS

- | | | |
|-----|---|----|
| 3.1 | Esquema de identificação das unidades de contexto e de registro no texto de uma entrevista. | 24 |
| 3.2 | Esquema do processo de categorização das unidades de registro | 27 |

LISTA DE TABELAS

- | | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | Exemplo de categorização: Urs de quatro entrevistas, classificadas no tema VII- Dificuldades apresentadas pelos alunos. | 28 |
| 5.1 | Relação das matérias de formação geral para os cursos de engenharia, em cada área de habilitação. | 64 |
| 5.2 | Tópicos das ementas das matérias de formação básica e geral, onde se pode incluir o ensino de corrosão. | 65 |
| 5.3 | Tópicos das ementas das matérias de formação profissional, em cada habilitação, onde se pode incluir o ensino de corrosão. | 65 |

RESUMO

OLIVEIRA, Paulo C. A. *Avaliação da situação atual do ensino de corrosão nos cursos de engenharia no Brasil*. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1996. 88 p. Dissertação (Mestrado).

No presente trabalho, procurou-se estabelecer as principais características do ensino de corrosão na formação do profissional corrosionista brasileiro, a forma como esta disciplina está inserida nos diferentes cursos de graduação e a expectativa do mercado em relação ao desempenho deste profissional. A partir dos dados levantados, apresentaram-se sugestões para a adequação das ementas curriculares. A pesquisa foi realizada através de entrevistas semi --estruturadas, com professores universitários e representantes de empresa ligados à área de corrosão de várias regiões do Brasil. Constatou-se que o profissional corrosionista brasileiro sente que algumas lacunas foram deixadas na sua formação específica. Apresentaram-se sugestões de ementas para o ensino de corrosão, que podem ser exploradas tanto no currículo mínimo dos cursos de engenharia, quanto na forma de uma disciplina específica.

Palavras chave:

Corrosão, Ensino, Educação.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Paulo C. A. *Avaliação da situação atual do ensino de corrosão nos cursos de engenharia no Brasil. Proposta de uma ementa para a disciplina.* Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1996. 88 p. Dissertação (Mestrado).

In this investigation, it was sought to establish the main characteristics of the corrosion teaching in the formation of brazilian corrosionist professional, the way this subject is inserted in the several undergraduate courses and the expectation of the working market with regard to that professional. Considering the interviewing data, suggestions has been done in order to fit the corrosion discipline to the skills of the corrosionist required by the market. The research was made through semi structured interviews, with undergraduate teachers and enterprise representatives, bound to corrosion field, from several regions through Brazil. It was verified that brazilian corrosionist do not think himself well formed in corrosion by the undergraduate course; his main difficulty is in the comprehension of the chemical concepts involved in that study. Some suggestions were presented to guide corrosion teaching, wich may be explored as minimum contents or as an especific discipline.

Key words:

Corrosion, Teaching, Education.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1. JUSTIFICATIVAS PARA A INVESTIGAÇÃO

No presente trabalho, estabeleceram-se as principais características do ensino de corrosão na formação do profissional corrosionista brasileiro, a forma como esta disciplina está contextualizada nos diferentes cursos de graduação, a expectativa do mercado em relação ao desempenho desse profissional e apresentaram-se sugestões para a adequação das ementas curriculares em função dessas expectativas.

A investigação foi desenvolvida a partir da análise de proposições manifestadas pelos próprios profissionais da área, tanto representantes de empresas como professores.

Justifica-se tal pesquisa pela importância do conhecimento dos processos corrosivos e pelas lacunas detectadas em termos de postura técnica, com relação a esse conhecimento, na comunidade corrosionista brasileira.

1.1.1 *A importância do ensino de corrosão*

É parte do senso comum que um material “enferrujado” está comprometido, devendo, na maioria dos casos, ser substituído, o que envolve custos. Em termos de utensílios domésticos, por exemplo, a capacidade de “não enferrujar” está diretamente ligada à qualidade e durabilidade do produto, o que influi na escolha do consumidor. A “ferrugem”, então, é uma vilã que deve ser combatida.

É claro que a questão dos *custos diretos* (reposição do material corroído) é de extrema importância para qualquer segmento da sociedade, desde a dona de casa, preocupada com seus objetos, até o pessoal técnico de uma empresa, tentando desenvolver materiais mais resistentes para estruturas e equipamentos. Todavia, sabe-se que essa não é a única forma envolvida no cômputo geral de custos de um processo corrosivo; os chamados *custos indiretos*, que englobam os gastos com as paradas para a substituição e os programas de manutenção preventiva, entre outros, chegam, muitas vezes, a ser maiores que os diretos.

Outro ponto muito importante a ser considerado é o da segurança: falhas provocadas por corrosão de equipamentos e estruturas podem acarretar acidentes de grandes dimensões, como os observados em vazamentos de produtos químicos (navios petroleiros), rompimentos de estruturas (Maracanã, 1982, desabamento do elevador do Juá, Rio de Janeiro, 1985), vazamentos em tubulações de combustível (cidade do México, 1992) e gás (Shopping Osasco Plaza, São Paulo, 1996, onde houve uma explosão cuja razão provável seria a corrosão da tubulação de gás), entre inúmeros exemplos.

Além disso tudo, como consequência dos processos corrosivos, existe ainda o comprometimento ambiental, que pode ser avaliado sob dois ângulos principais: a contaminação ocasionada pelos vazamentos e explosões e o desgaste excessivo das reservas minerais para a produção de material destinado simplesmente à reposição daquele corroído.

A importância do conhecimento dos processos corrosivos e, conseqüentemente, do ensino da corrosão, já estariam bem justificados por tudo o que já foi exposto. Contudo, não se deve deixar de comentar o lado “benéfico” da corrosão, que reside na aplicação dos seus princípios para o desenvolvimento de processos tais como os de proteção catódica, eletro-refino, anodização de alumínio e suas ligas, etc...

Dessa forma, pensamos não haver dúvida sobre o grande valor dessas informações na bagagem do profissional que, ainda que indiretamente, venha a travar contato com a “batalha entre os materiais e o seu meio”.

1.1.2 A comunidade de corrosionistas brasileiros

Ainda não existe, no Brasil, a denominação oficial de “Engenheiro de Corrosão” para aquele profissional cujas atividades são dedicadas exclusiva ou principalmente ao estudo dos processos corrosivos, ao contrário do que acontece nos Estados Unidos e Europa. Aqui, esse profissional está geralmente ligado à área de manutenção das indústrias e tem a formação de engenheiro mecânico, na maioria dos casos, encontrando-se, também, engenheiros metalurgistas, engenheiros químicos e, mais recentemente, engenheiros de materiais.

Também não existe, na grande maioria das empresas, um setor, ou mesmo o profissional dedicados exclusivamente ao trabalho com corrosão; o assunto é tratado pelos técnicos ligados à área de manutenção e/ou inspeção de equipamentos.

Os Congressos Brasileiros de Corrosão, promovidos pela Associação Brasileira de Corrosão - ABRACO - têm se constituído no principal fórum nacional para assuntos de corrosão e proteção anticorrosiva; nos últimos anos, nos encontros da Associação Brasileira de Tratamento de Superfície - ABTS, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, ABM, Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais - CBECIMAT e encontros específicos da área de química, o assunto vem ganhando destaque, o que mostra mais uma vez a necessidade de disseminação de informações nessa área.

1.2. OBJETIVOS DA INVESTIGAÇÃO

Inúmeros casos de falhas de equipamentos e estruturas ocasionadas por processos corrosivos poderiam ter sido evitados pela aplicação de princípios fundamentais. RAMANATHAN [s.d.] traz uma citação do relatório da T. P. Hoar Commission onde se constata que mais de 50% do custo com esses processos poderia ser economizado pela aplicação do conhecimento de proteção e controle já disponíveis.

Isso nos leva a crer que há uma defasagem entre o que um profissional ligado à área deve saber e o que realmente sabe a respeito e cabem aqui algumas indagações:

- o profissional em questão possui essas informações?
- por que esse conhecimento fundamental não foi ou não tem sido aplicado para evitar essas ocorrências?
- como vai a formação desse profissional, em relação à corrosão, no Brasil?

Com esta dissertação, pretendeu-se, através de pesquisa com os profissionais ligados direta ou indiretamente à área de corrosão no Brasil, estabelecer um diagnóstico da sua formação acadêmica e confrontá-lo com o conhecimento requerido pelo mercado de trabalho, buscando-se identificar as eventuais lacunas a serem preenchidas.

1.3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

A investigação desenvolvida nesta dissertação refere-se ao estudo das proposições dos corrosionistas brasileiros sobre o ensino de corrosão na fase de formação acadêmica. A

pesquisa foi feita a partir da análise de conteúdo de entrevistas realizadas com os referidos profissionais, visando interpretar suas opiniões sobre como entendem e configuram propostas para a melhoria desse ensino no contexto brasileiro. Além das entrevistas, foram analisadas ementas das disciplinas, buscando identificar como a corrosão se insere nesses cursos. Os dados obtidos com o grupo de professores e pesquisadores foram contrapostos àqueles levantados junto aos profissionais ligados à área de corrosão nas indústrias.

Foram utilizadas entrevistas semi-estruturadas, que permitiram aos entrevistados e ao entrevistador grande liberdade na abordagem dos diversos aspectos do tema em foco.

1.4. LIMITAÇÕES DA INVESTIGAÇÃO

A busca de subsídios para a implantação ou melhoria de propostas curriculares implica, necessariamente, a consideração de aspectos filosóficos, sociológicos, psicológicos, econômicos e educacionais. Uma investigação que envolva tantos fatores, por si só, já apresenta uma série de limitações.

A consciência dessas limitações, aliada ao fato de que esta é a primeira pesquisa relativa ao tema que se faz no Brasil, sob o prisma da Educação, faz delimitarmos o trabalho no levantamento de subsídios para pesquisas posteriores. Em nenhum momento pretendeu-se esgotar o assunto; ao contrário, nosso objetivo maior foi trazer à tona a questão e provocar futuras discussões e trabalhos nesse sentido.

Outras limitações podem ser ainda citadas. A primeira delas seria *a questão dos referenciais*. Sabemos que outros profissionais poderiam ter sido contatados. A massa crítica dos corrosionistas brasileiros não é tão grande quanto deveria, como será discutido posteriormente, mas é grande o suficiente para impossibilitar que seja entrevistada na sua totalidade. As grandes distâncias, a incompatibilidade de horários decorrente dos diversos compromissos dos profissionais envolvidos foram fatores limitantes para o tempo disponível para o desenvolvimento da pesquisa. Ainda assim, pudemos reunir, com certeza, uma amostra bastante significativa da clientela de interesse, se não em número, em qualidade das atividades desenvolvidas.

Outra limitação se refere à *extensão das consultas dos materiais para efeito de análise*. Teria sido ideal acessar, além das ementas de disciplinas e material bibliográfico utilizado nos cursos (conseguido facilmente), amostras de listas de exercícios e avaliações

aplicadas nas diferentes instituições, bem como métodos de testes utilizados nas empresas. A quantidade obtida desse material não foi suficiente para ser considerada representativa, o que impossibilitou uma análise mais completa de como as informações passadas são efetivamente cobradas do aluno e do profissional atuante. Ainda no tocante à consulta de materiais, o número de publicações nacionais na área de ensino de corrosão é extremamente pequeno para que se possa traçar um perfil da evolução histórica do assunto no país.

As proposições apresentadas foram, então, tratadas com um aprofundamento menor que o ideal, sem, contudo, prejudicar uma abordagem significativa dos temas.

Capítulo 2

REVISÃO DA LITERATURA SOBRE O ENSINO DE CORROSÃO

2.1. INTRODUÇÃO

Neste ponto, são apresentadas e discutidas algumas proposições da literatura nacional e internacional que dizem respeito, direta ou indiretamente, à educação em corrosão. Diretamente, foram encontradas pouquíssimas obras, sendo em maior número as nacionais, que datam principalmente da última década. Como estratégia auxiliar de pesquisa, então, optou-se pelo trabalho com “referências correlatas”, que tratam do ensino de Química, que por vezes abrangem os temas de interesse desta pesquisa, a saber: metais, metalurgia, eletroquímica e corrosão.

Diversos projetos têm se desenvolvido no Brasil desde a década de cinquenta, visando a melhoria do ensino de ciências. Esses projetos são voltados principalmente para a Educação Infantil (creche e pré-escola), o Ensino Fundamental (primeiro grau) e Médio (segundo grau); nos dois últimos, insere-se o ensino de Química. SANTOS (1992) desenvolveu uma dissertação de mestrado abordando as principais características e condições para a implantação, na escola secundária brasileira, do “ensino de química para formar o cidadão”, onde cita os principais projetos e trabalhos desenvolvidos pelos educadores químicos brasileiros.

A Educação Superior, principalmente em Engenharia, ainda é pouco explorada sob o aspecto de novos projetos de ensino, o que explica o número extremamente pequeno de trabalhos publicados.

Além da consulta manual tradicional, foi utilizada a estratégia de busca para levantamento bibliográfico informatizado. Foram consultadas as seguintes bases de dados: ACERVUS (Instituto de Química - UNICAMP), COMPENDEX PLUS e METADEX (Biblioteca da Área de Engenharia - UNICAMP), ERIC e USPCD (Faculdade de Educação - UNICAMP), tendo sido utilizadas as palavras-chave *corrosão*, *ensino*, *corrosion*, *teaching*,

education, education-science-research, oxidation, metals, além de todas as suas combinações.

2.2. BUSCANDO O COMEÇO...

Considerando-se, então, as colocações anteriores sobre o estado da arte da literatura referente ao ensino específico de corrosão, a revisão aqui apresentada procurará ter uma forma “alternativa”, a partir de um tema amplo (metais) até um específico (o ensino de corrosão no Brasil), procurando situar o leitor no assunto.

2.2.1 O homem e os metais

A metalurgia é a atividade química que envolve a obtenção e a mistura de inúmeros metais, a partir de seus minérios, para a produção das chamadas *ligas metálicas* e a sua posterior transformação em elementos de construção mecânica. Curiosamente, operações metalúrgicas antecederam a invenção da escrita por cerca de dois milênios, iniciando-se no sexto milênio a.C.

Vários são os relatos sobre o uso dos metais pelo homem desde os tempos mais remotos. Em nível nacional, VANIN (1994) fez um interessante apanhado desses trabalhos, visando despertar o interesse de alunos do ensino médio, mostrando a evolução do conhecimento químico, desde as artes químicas das civilizações antigas, até a ciência moderna. Especificamente no tocante aos metais, são recuperadas as informações de que o primeiro metal utilizado foi o ouro nativo (aquele encontrado quase puro, na forma de pepitas), de como as ligas metálicas foram empregadas através dos tempos como armas, utensílios de uso doméstico e moedas, até os processos metalúrgicos atuais.

CHASSOT (1995) traça um “roteiro de viagem”, onde convida o leitor a uma “longa e rápida caminhada” pela história da ciência.

Ao passo que VANIN se ocupa essencialmente da Ciência Química, CHASSOT aborda a Ciência de uma forma mais generalizada, passando também pela Matemática, Física, Religião e Artes, entre outras. Ambas se constituem, contudo, em boas obras de referência que, em caráter paradidático, conseguem apresentar um panorama claro e sucinto do desenvolvimento das Ciências em geral e da Química em particular. Por meio delas,

ainda, pode-se observar a grande importância dos metais na vida do homem em todos os tempos.

2.2.2 Os metais e o homem

Já foi dito que homem e metal se conhecem de longa data. Ao contrário do que a primeira imagem nos traz à mente, a construção de equipamentos, estruturas, utensílios e moedas não foi a única base dessa relação; aspectos e propriedades místicas também eram atribuídos a certos metais, principalmente ao ouro.

A busca da purificação e elevação do espírito através da transmutação da matéria bruta (metais “comuns”) em ouro (a matéria em sua forma mais nobre) pelos alquimistas é bem conhecida e comentada.

Na literatura mundial há inúmeros tratados sobre Alquimia, significativamente representados aqui por BARRET (1801), HOLMYARD (1957), BURLAND (1967) e HUTIN (1991). O foco principal dessas obras, evidentemente, não é o mesmo que o do presente trabalho, o que dispensa uma análise detalhada de cada uma; entretanto, é válido notar que todas trazem referências aos metais como símbolos para o homem, quando se relacionam com os planetas, com os estados de evolução do espírito ou com a natureza, de um modo geral.

Devido a essas associações, aos metais eram atribuídas propriedades mágicas e, antigamente, todos os que trabalhavam com metais eram olhados com a maior reverência pelos outros homens, que os consideravam como uma casta sagrada e misteriosa. As características “especiais” dos metais, no tocante ao seu poder curativo, ação biológica e mesmo sua presença na composição dos oligoelementos (componentes químicos, presentes em nosso organismo, constituídos em parte por metais e essenciais à vida), são discutidos por DE PAOLI (1987). Numa obra contemporânea a essa, PAULING (1986), com a sua tão polêmica *medicina ortomolecular*, também trata a respeito dos sais minerais e sua importância no perfeito funcionamento do organismo humano.

Embora os sobrenomes dos autores sejam foneticamente parecidos e ambos tratem dos metais como parte do nosso organismo, as semelhanças não vão muito além: DE PAOLI, bem menos conhecido pela comunidade científica, dá uma abordagem quase alquímica ao assunto, que se acentua nas formas de tratamento de saúde propostas e no tipo de

nomenclatura adotada para os medicamentos; PAULING, por sua vez, traz o novo: a medicina ortomolecular (diversificação, no corpo humano, de substâncias normalmente presentes no corpo e necessárias para a saúde, como, por exemplo, ingestão de grandes quantidades de vitaminas e sais minerais) é ainda motivo de grande discussão e controvérsias entre a comunidade médica - seus resultados quanto à prolongação da longevidade, por exemplo, ainda não podem ser comprovados, pois nenhum dos pacientes participantes da pesquisa ultrapassou a estimativa normal de vida...

Pelo exposto, pode-se notar que a relação entre homem e metal é bastante ampla e, dependendo do ponto de vista, complexa também.

Desse leque tão grande de possibilidades, vamos, a partir de agora, nos ater aos metais como matéria prima para aquelas estruturas que serão futuramente corroídas...

2.2.3 A eletroquímica

ROBERTS (1993) relata várias descobertas em ciências, entre as quais se inclui a eletroquímica, cujos princípios derivam da observação do médico Galvani, em 1786, de que as pernas de rãs dissecadas sofriam espasmos quando ficavam perto de um gerador eletrostático.

Após as observações de Galvani, o físico Alessandro Volta estudou mais profundamente o assunto. Enquanto Galvani atribuía os espasmos ao que chamou de “eletricidade animal”, Volta os justificava pela diferença de potencial existente entre dois metais dissimilares, no caso, o gancho de latão que prendia a perna da rã e o ferro do barramento onde o gancho era pendurado, sendo o contato entre os metais feito pelo tecido muscular e nervos do animal. Provada a teoria de Volta, o século XIX foi palco de inúmeros estudos de eletroquímica.

Talvez, entre tantos, os mais importantes eletroquímicos da história tenham sido Humphry Davy (1778 - 1829) e Michael Faraday (1791 - 1867) que, segundo PARTINGTON (1989), foram os principais responsáveis pela grande reputação da *Royal Institution*, de Londres.

Davy começou a trabalhar em 1800 com a recentemente desenvolvida pilha voltaica. Publicou vários trabalhos de pesquisas em eletroquímica, entre os quais, a descoberta dos

metais alcalinos, em 1807, por decomposição elétrica de álcalis e a pilha de tensão diferencial, em 1826.

Trabalhos importantes de Davy também incluem observações quanto à corrosão dos metais e os princípios da proteção catódica, como descrevem DUTRA e NUNES (1991).

Faraday, aos treze anos, trabalhava numa livraria. Lia muitos dos livros científicos que chegavam para encadernação. Um dia, um cliente lhe deu um ingresso para as palestras de Davy na *Royal Institution*. Ele tomou nota de todas e as enviou a Davy, com um pedido de emprego, que foi aceito. Em 1813, Faraday começa a ser assistente de Davy. Seu talento como experimentador o faz ser promovido; em 1825, por recomendação de Davy, é nomeado Diretor do Laboratório da *Royal Institution*.

Os trabalhos mais importantes de Faraday foram na área da física, todos de importância fundamental. Relacionados à química, estão suas pesquisas em eletrólise, cujas leis são amplamente utilizadas até hoje.

2.2.4 A corrosão

“Não junteis para vós tesouros da terra, onde a traça e a ferrugem os consomem, e onde os ladrões penetram para roubar.” (Mateus, 6:19)

Citada até na bíblia, a corrosão tem sido mesmo uma grande vilã através dos tempos. Embora o estudo sistemático da eletroquímica tenha oficialmente começado com as observações de Galvani, segundo TRETHERW e CHAMBERLAIN (1988), o caso mais antigo relatado de solução de problema de engenharia causado por corrosão data de 1761. Foi o caso de uma fragata, a *HMS Alarm*, em cujo casco tinham sido colocadas chapas de cobre, que, com o seu efeito tóxico já conhecido, impediria o rápido crescimento de cracas, problema comum enfrentado pelas embarcações da época. Após dois anos de uso, o barco foi retirado do mar e o experimento submetido a avaliação. Constataram que as chapas haviam se destacado do casco em muitos pontos, porque os pregos de ferro usados para sua fixação estavam “muito podres”. Inspeções mais detalhadas revelaram que alguns pregos, menos corroídos, estavam isolados do cobre por pedaços de papel presos entre a cabeça do prego e a chapa; as chapas haviam sido entregue nas docas embrulhado nesse papel, que não foi removido antes de serem pregadas no casco. Chegaram à conclusão de que o ferro não

deveria entrar em contato direto com o cobre em ambientes de água marinha, caso se quisesse evitar a severa corrosão do ferro.

Desde então, muitos profissionais no mundo inteiro têm se preocupado com o estudo dos processos corrosivos. Durante a fase de levantamento bibliográfico para este trabalho, por exemplo, foram recuperados cerca de 2500 artigos com o tema “corrosão”. É claro que a citação dos mesmos foge em muito aos nossos propósitos, mas esse número é uma indicação segura de que o assunto está longe de poder ser considerado esgotado.

2.2.5 O ensino de corrosão...

2.2.5.1 Na Europa e Estados Unidos

Apesar de terem os seus princípios conhecidos há dois séculos, a corrosão e a proteção anticorrosiva, como ciência e tecnologia, são relativamente novas. A mais importante associação mundial voltada para o assunto, a National Association of Corrosion Engineers - NACE, foi fundada apenas em 1944, nos Estados Unidos. O primeiro Congresso Internacional de Corrosão Metálica aconteceu na Inglaterra, em 1961 (GENTIL,1996).

A preocupação dos engenheiros europeus e americanos com a falta de informação sobre corrosão pôde ser notada em algumas obras das duas últimas décadas. CHANDLER (1978) comenta sobre a manutenção do grupo de trabalho sobre Educação em Corrosão do Comitê Britânico de Educação Tecnológica Industrial, a despeito da dissolução do próprio Comitê para Tecnologia Industrial do Departamento da Indústria nesse país. MATTSSON (1981) publicou um guia para recuperação de informações sobre corrosão, comentando as principais fontes mundiais de consultas, dados sobre custos de comutação de artigos e sistemas de pesquisa informatizada, numa tentativa de diminuir as distâncias entre os profissionais. Material similar já tinha sido apresentado no Sétimo Congresso Internacional de Corrosão Metálica, no Rio de Janeiro, em 1978, por CABRAL. No mesmo evento, a propósito, SNOW et al. e LEACH também comentaram, em suas apresentações, da importância da educação em corrosão para o engenheiro. ALKIRE (1983) ressalta a importância da educação em eletroquímica para que químicos e engenheiros químicos possam operar processos industriais independentes de uma economia baseada em combustíveis fósseis, já que a eletricidade seria pouco dispendiosa, se computada em termos de agentes químicos para oxidação e redução. EDELEANU (1985) também se ressentiu dos

problemas de comunicação para divulgação de resultados de pesquisas e sugere discussões a respeito.

A julgar pelo número de obras publicadas, o problema da falta de informação sobre corrosão entre os profissionais europeus e americanos parece ter diminuído bastante ou deixado de existir: os periódicos e bases de dados consultados para esta pesquisa não trazem nenhum trabalho nesse sentido nos últimos onze anos. Talvez seja uma confirmação da tão conhecida atuação de órgãos já citados, como a NACE.

Apesar de poucos títulos na área específica de ensino de corrosão, observa-se a publicação de textos envolvendo conceitos básicos de eletroquímica e propostas de experimentos para cursos de graduação, como se pode exemplificar pelos trabalhos de KAUFFMAN (1981), WALKER (1982), POWER e RITCHIE (1983), CELDRÁN e GONZALO (1988), SPEARS (1988), SATO (1989) e LEVY (1995).

2.2.5.2 No Brasil

No Brasil, a conscientização para os problemas de corrosão começou ligada à indústria do petróleo, com os cursos de Manutenção de Equipamentos de Refinaria, em 1958, pela Petrobrás, conforme relatado por GENTIL (1996). Nessa obra, considerada a principal referência nacional sobre o assunto, também é comentada a criação da Associação Brasileira de Corrosão - ABRACO, em 1969.

Os trabalhos nacionais referentes ao ensino de corrosão encontram-se, principalmente, nas apresentações feitas em Congressos e Seminários, na sua maioria promovidos pela ABRACO.

GERK e colaboradores destacaram a importância do ensino da corrosão nos cursos técnicos de nível médio e superior em conferência plenária no 11º Seminário Nacional de Corrosão, no Rio de Janeiro, em 1984. No primeiro Seminário de Proteção Catódica da ABRACO, em 1988, também no Rio de Janeiro, LIMA descreve suas experiências com o ensino de Proteção Catódica para estudantes de Engenharia Civil e Mecânica. SILVA, durante o Primeiro Seminário de Pintura Industrial, realizado em Santos - SP, em 1989, mostra a necessidade de qualificação e treinamento de profissionais da área de pintura e pré-tratamento de superfícies e estabelece exigências mínimas e diretrizes para que um departamento ou divisão de Garantia da Qualidade qualifique esses profissionais.

A preocupação com o ensino já é tal que, em 1993, em seu 17º Congresso Brasileiro de Corrosão (Rio de Janeiro, 1993), a ABRACO apresentou uma área especialmente dedicada ao Ensino da Corrosão, que contou com a apresentação de trabalhos de excelente nível técnico, por parte de instituições altamente conceituadas, como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, a Escola Politécnica da USP, a TELEBRÁS e a PETROBRÁS. Tais trabalhos versaram sobre recuperação de conceitos básicos (PANOSSIAN), experiências práticas industriais descritos e analisados didaticamente (AZARITE et al., KHALIL et al., MAINIER e NUNES), além de sugestão de experimentos para alunos de segundo e terceiro graus (RODRIGUES et al.).

A seção técnica de Ensino se manteve no 18º Congresso da ABRACO, realizado em 1995, no Rio de Janeiro. Novamente, estava presente a preocupação com a discussão de conceitos fundamentais, com as apresentações de OHBA, PANOSSIAN, AGOSTINHO, ROMERO e MOREIRA. A questão pedagógica foi abordada nos trabalhos de MAINIER, que se referiu às ocorrências cotidianas da corrosão e sua interpretação pelo público leigo e de OLIVEIRA, que apresentou um apanhado da situação do ensino de corrosão no Estado de São Paulo. CHAGAS e OLIVEIRA contribuíram com a criação de material didático informatizado (animações em computação gráfica) para uso em aulas de corrosão.

Em termos de pesquisa interdisciplinar envolvendo corrosão, MAINIER (1995), em sua dissertação de mestrado, aborda a questão da corrosão no cotidiano e da contribuição da química ao processo educativo.

Artigos de divulgação em corrosão também têm sido encontrados em revistas das áreas técnicas de engenharia e química, dentre os quais podemos citar HELENE e OLIVEIRA (1988), com um trabalho muito instrutivo sobre a recuperação de estruturas de concreto com armaduras corroídas e FERRARO JÚNIOR (1989), que faz um diagnóstico do mercado de tintas anticorrosivas.

Mesmo nas revistas de assuntos científicos destinadas ao público leigo a corrosão tem sido comentada, como GAYLARDE (1993), que comenta as pesquisas brasileiras em corrosão microbiológica e CASTRO (1993), tratando dos aparelhos desenvolvidos pela PETROBRÁS para localização de falhas e fissuras em cabos, tanques e oleodutos.

2.2.6 Conclusão

Como foi visto, o homem conhece os metais há vários milênios e a eletroquímica há pouco mais de um século. Observações de fenômenos envolvendo processos corrosivos também se perdem no tempo, mas a corrosão como ciência e, conseqüentemente, seu ensino, têm pouco mais de cinquenta anos. A preocupação específica com o ensino de corrosão, no Brasil, aparece, oficialmente, só a partir de 1993.

Através do levantamento bibliográfico realizado, pode-se observar, a respeito do aparente desinteresse pela questão do ensino de corrosão:

- a área de Engenharia não tem uma tradição de preocupação com as questões pedagógicas ou metodológicas; enquanto ciência exata, seus profissionais estão muito mais ligados a pesquisas nas áreas tecnológicas, de novos processos, novos materiais;
- a despeito disso, a questão da disseminação de informação não deixa de ser contemplada : apesar de a literatura específica sobre ensino de corrosão ser muito pequena, artigos de divulgação sobre corrosão em geral, enfocando aspectos e conceitos fundamentais, têm estado presentes nos eventos da área, em revistas técnicas ou para público leigo e alguns periódicos das áreas de química e engenharia.

Capítulo 3

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ADOTADOS NA INVESTIGAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DOS CORROSIONISTAS BRASILEIROS

1. INTRODUÇÃO

A investigação abordada nesta dissertação refere-se à análise da situação do ensino da corrosão em cursos de engenharia em várias universidades do Brasil e à aplicação prática desse conhecimento pelo profissional, pesquisa essa desenvolvida a partir da análise do conteúdo de entrevistas realizadas com professores de corrosão ou disciplinas afins (físico-química, eletroquímica, seleção de materiais) e com profissionais de empresas ligados direta ou indiretamente a esse assunto.

Utilizaram-se, em tal investigação, entrevistas semi-estruturadas, as quais compreenderam a elaboração de um roteiro de tópicos a serem abordados sem uma seqüência rígida. Este tipo de entrevista permite, ao entrevistado e ao entrevistador, maior liberdade na abordagem dos diversos aspectos do tema em foco, aumentando, assim, a emergência de proposições sobre o assunto. Diante da amplitude dos tópicos abordados na presente investigação, constata-se a pertinência da adoção dessas entrevistas que foram antes empregadas por AIKENHEAD (1988), MITCHENER e ANDERSON (1989) e SANTOS (1992) em pesquisas com objetivos similares aos do presente trabalho.

2. O “NÃO” À ESTATÍSTICA SIMPLES: JUSTIFICANDO O MODELO DE ANÁLISE ADOTADO

Houve um tempo em que os fenômenos educacionais eram estudados da mesma forma que os fenômenos físicos: tentava-se decompor suas variáveis e estudá-las isoladamente. Com a evolução dos próprios estudos em Educação, foi-se percebendo que poucos fenômenos nessa área podem ser submetidos a esse tipo de abordagem analítica, pois as coisas acontecem de maneira tão enredada que fica difícil isolar as variáveis envolvidas e, mais ainda, apontar as que são responsáveis por determinado efeito.

Esses problemas, pela sua natureza específica, requerem técnicas de estudo também especialmente adequadas. Em lugar dos questionários aplicados a grandes amostras, ou dos coeficientes de correlação, típicos das análises experimentais, são utilizadas, mais freqüentemente, a *observação participante*, que cola o pesquisador à realidade estudada; a *análise documental*, que complementa os dados obtidos através da observação e da entrevista e que aponta novos aspectos da realidade pesquisada; a *entrevista*, que permite um maior aprofundamento das informações obtidas, e a *análise de conteúdo*, que interpreta o conteúdo destas informações. A seguir, comentam-se brevemente estes itens.

2.1 A observação participante

Usada como principal método de investigação ou associada a outras técnicas de coleta, a observação possibilita um contato pessoal e estreito do observador com o fenômeno pesquisado. Como maior vantagem, temos que a experiência direta é, sem dúvida, o melhor teste de verificação da ocorrência de um fenômeno. É o “ver para crer”.

Como observador participante, o entrevistador, no caso deste projeto, um professor de Corrosão numa escola técnica de segundo grau, pôde vivenciar os problemas do distanciamento entre a formação acadêmica e a necessidade real da indústria: por meio de contatos com profissionais da área, observou que a verdadeira formação em Corrosão veio, na maioria dos casos, de cursos de aperfeiçoamento, oferecidos pelas próprias empresas e de participação em congressos e encontros relativos ao tema.

2.2 A análise documental

A análise documental pode se constituir numa técnica valiosa de abordagem de dados qualitativos, seja complementando as informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema. São considerados documentos “*quaisquer materiais escritos que possam ser usados como fonte de informação sobre o comportamento humano*” (Phillips, 1974, p. 187). Estes incluem desde leis e regulamentos, normas, pareceres, cartas, memorandos, diários pessoais, etc. A análise documental busca identificar informações factuais nos documentos a partir de questões ou hipóteses de interesse. Neste trabalho, foram avaliados materiais como apostilas de cursos de aperfeiçoamento, livros didáticos, avaliações e listas de exercícios (em quantidade menor que a esperada, conforme será discutido posteriormente),

normas de testes industriais, na tentativa de se identificar, no material usado nas empresas, os conceitos fornecidos pelas universidades e vice-versa.

2.3 A entrevista

A grande vantagem da entrevista sobre outras técnicas é que ela permite a captação imediata e corrente da informação desejada, praticamente com qualquer tipo de informante e sobre os mais variados tópicos. Como se realiza cada vez de maneira exclusiva, seja com indivíduos, seja com grupos, a entrevista permite correções, esclarecimentos e adaptações que a tornam sobremaneira eficaz na obtenção das informações desejadas.

2.4 A análise de conteúdo

A análise do conteúdo desenvolvida é um processo analítico que se aplica a discursos. É constituída por um conjunto de técnicas múltiplas, que visam interpretar o conteúdo das informações obtidas, através da dedução, realizada a partir de dados frequenciais das idéias manifestadas. Como método de interpretação, oscila entre o rigor da objetividade e a fecundidade da subjetividade, tendo duas funções: a *administração de prova*, verificação da validade das generalizações, e a *heurística*, enriquecimento da exploração das informações, aumentando a produtividade e pertinência da análise (BARDIN, 1977). Neste processo,

“A leitura efetuada pelo analista, do conteúdo das comunicações não é, ou não é unicamente, uma leitura “a letra”, mas antes, o realçar de um sentido que se encontra em segundo plano. Não se trata de atravessar significantes para atingir significados, à semelhança da decifração normal, mas atingir, através de significantes ou de significados (manipulados), outros “significados” de natureza psicológica, sociológica, política, histórica, etc.

(BARDIN, 1977, p.41)

Tal análise é recomendada para entrevistas semi-estruturadas, como as das investigações em questão, em que se procuram extrair as concepções de ensino dos educadores e demais profissionais citados, dentro do contexto do país.

Apesar das semelhanças entre a análise documental e a análise de conteúdo, devem ser destacadas diferenças essenciais (BARDIN,1977):

- a documentação trabalha com documentos; a análise de conteúdo, com mensagens (comunicação);
- a análise documental faz-se, principalmente, por classificação-indexação; a análise categorial temática é, entre outras, *uma* das técnicas da análise de conteúdo;
- o objetivo da análise documental é a representação condensada da informação, para consulta e armazenagem; o da análise de conteúdo é a manipulação de mensagens (conteúdo e expressão desse conteúdo), para evidenciar os indicadores que permitam inferir sobre uma outra realidade que não a da mensagem.

A seguir são descritas todas as etapas desenvolvidas na investigação, desde o processo de coleta de informações até a fase final de tratamento e interpretação dos dados.

3. COLETA DE INFORMAÇÕES

O processo de coleta de informações teve início com a seleção da clientela e elaboração do roteiro da entrevista, sendo efetivado com a realização das mesmas.

Por questões éticas, os nomes dos entrevistados não serão mencionados no corpo desta dissertação, bem como quaisquer informações que possam vir a identificá-los.

3.1 Seleção da clientela

A clientela consultada foi a comunidade de corrosionistas brasileiros, que se constitui de professores, pesquisadores e profissionais de empresas ligados à corrosão, ainda que indiretamente.

A formação de tal comunidade, definida acima, ocorreu no Brasil com o advento da indústria do petróleo. A Petrobrás teve aí papel de destaque, com a criação do Centro de Aperfeiçoamento e Pesquisas de Petróleo - CENAP, responsável pela formação do corpo técnico especializado da empresa, além da sua atuação nas Comissões Técnicas do Instituto Brasileiro do Petróleo - IBP, cujo primeiro evento público, em 1961, foi sobre corrosão.

Em 1958, com a primeira turma do curso de Manutenção de Equipamentos de Refinaria, no CENAP, tem início o ensino de corrosão no Brasil. Entre os alunos da segunda turma desse curso, nasceu a idéia da criação da Associação Brasileira de Corrosão - ABRACO, que foi criada em 1968, durante o V Seminário do IBP e instalada em 1969, tendo o professor Vicente Gentil como seu primeiro presidente (GENTIL, 1996).

A evidência do desenvolvimento dessa comunidade pode ser notada pela realização de encontros regionais e nacionais de associações ligadas á área, sendo os da ABRACO os mais específicos, seguidos, nos últimos anos, conforme já comentado, pelos da ABTS, ABM, CBECIMAT e outros.

A importância do ensino de corrosão se faz notar também com a criação, em 1993, no 17º Congresso Brasileiro de Corrosão, promovido pela ABRACO, da seção técnica para Ensino de Corrosão, que contou com a apresentação de sete trabalhos; no 18º Congresso, a mesma seção continha 9 trabalhos, contando todos com grande audiência e participação.

Para a seleção da amostra de profissionais a serem entrevistados, dentro da comunidade acima definida, foram adotados critérios que possibilitaram sua identificação e seleção.

O primeiro critério correspondeu à participação dos profissionais nos 17º e 18º Congresso Brasileiro de Corrosão (1993 e 1995, respectivamente, ambos no Rio de Janeiro) já que este se constitui no principal fórum de debates daquela comunidade, sendo relacionados todos os que apresentaram trabalhos na área de Ensino da Corrosão e pelo menos um representante de empresa de cada estado participante do evento. Também foi levada em conta a participação no 2º Colóquio Nacional de Corrosão Atmosférica, realizado em São Paulo, em setembro de 1994, quando da definição deste projeto, ocasião em que se fizeram os primeiros contatos para as entrevistas.

Para a escolha do representante de empresa, procurou-se contactar o profissional responsável pelo setor (chefes ou gerentes), de modo que as questões relativas à seleção de pessoal pudessem ser exploradas com profundidade.

As primeiras escolhas foram aleatórias, dentre a relação de participantes dos referidos eventos; com a realização das entrevistas, os próprios entrevistados, tanto professores como pessoal de empresas, fizeram indicações de nomes de importância relevante ao trabalho, mes-

mo não tendo participado nas ocasiões citadas. Esses novos nomes foram incluídos e contactados posteriormente. Também houve casos de o profissional relacionado primeiramente não poder participar do trabalho, por ausência no país ou desligamento da área.

Selecionada a clientela, passou-se à fase da realização das entrevistas, que é descrita a seguir. Foram contactados, efetivamente, 48 profissionais.

3.2 Realização das entrevistas

Para a realização das entrevistas, inicialmente, dividiu-se a clientela escolhida em dois grupos: o de professores e pesquisadores (Grupo I) e o de representantes de empresas (Grupo II); para cada um dos grupos, foi elaborado um roteiro, que incluiu questões relativas a:

Grupo I:

- sua formação acadêmica
- sua trajetória no meio acadêmico
- como e por que veio a trabalhar com ensino/pesquisa em corrosão
- como se insere o ensino de corrosão na Instituição:
 - em que cursos se apresenta;
 - desde quando é ministrada;
 - quantos créditos vale;
 - duração da disciplina;
 - se é eletiva ou obrigatória;
 - se tem ou não parte experimental, etc
- sua opinião sobre a situação da disciplina no curso (item anterior)
- sua opinião sobre a ementa do curso:

- como foi elaborada;
 - desde quando;
 - quando foi revisada pela última vez;
 - com que frequência é feita a revisão;
 - quais as pessoas/entidades consultadas para isso.
-
- qual o material didático utilizado no desenvolvimento da disciplina (se possível, com o fornecimento de cópias de apostilas para a análise documental).
 - como avalia o interesse dos alunos pelo curso.
 - se tem havido alguma cobrança, por parte das empresas da área, no tocante à formação do aluno com respeito à corrosão; se tem tido informações sobre alunos que trabalham atualmente com corrosão
 - se os alunos apresentam os pre-requisitos químicos necessários para o entendimento dos fenômenos que acompanham um processo corrosivo.

Grupo II:

- desde quando a empresa se preocupa com corrosão
- motivo pelo qual se preocupa
- existência de um departamento específico para cuidar de casos de corrosão
- existência de programa de manutenção preventiva em Corrosão
- existência de rotinas de prevenção e sobre quem as elaborou
- a participação da empresa em congressos, seminários e encontros na área de corrosão e de que forma é essa participação (se ouvinte ou apresentando trabalhos)

- o critério de escolha do profissional enviado a participar (só os responsáveis por chefia de departamento ou todos os envolvidos)
- o oferecimento cursos de aperfeiçoamento técnico na área, quem ministra e quem recebe esses cursos
- quem é o profissional atuando na área de corrosão (formação)
- como foi o processo de escolha desse profissional (se houve exame técnico específico, se tinha experiência anterior, e como veio a trabalhar com corrosão)
- as maiores dificuldades que encontrou no confronto teoria/prática e sobre como procurou solucioná-las
- o perfil adequado ao profissional corrosionista e o que tem impedido, hoje, que esse perfil seja alcançado
- manutenção de algum tipo de contato com universidade/instituição de ensino pela empresa
- (para multinacionais) se as filiais do exterior estão mais adiantadas em relação à pesquisa/prevenção/atuação no campo da corrosão? Por quê? A que nível se encontra o intercâmbio de informações ?

3.3 Análise de conteúdo das informações

A análise de conteúdo é composta de três etapas, a saber: a *pré-análise*, que consiste na organização das informações, através de atividades exploratórias não - estruturadas, para levantar os indicadores analíticos prévios; a *codificação das informações*, através da administração dos procedimentos organizacionais definidos na pré-análise; e o *tratamento e interpretação dos resultados*, através da generalização e exploração dos dados organizados na fase anterior (BARDIN, 1977). Esta última etapa foi dividida em duas fases, a de categorização e a de análise propriamente dita. A partir das cópias das transcrições das entrevistas, processaram-se tais etapas, descritas a seguir.

3.3.1 Pré-análise

É a fase de organização propriamente dita. Corresponde a um período de intuições, mas tem por objetivo tornar operacionais e sistematizar as idéias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise (BARDIN, 1977).

A pré - análise foi constituída de uma leitura “flutuante”, uma leitura exploratória de todas as entrevistas, para captar as impressões manifestadas pelos entrevistados, na busca de critérios para a identificação dos trechos da entrevista a serem demarcados para a análise.

Após essa leitura, o material foi organizado e preparado para a fase seguinte.

3.3.2 Codificação

Codificar o material é tratá-lo. A codificação é

“o processo pelo qual os dados brutos são transformados sistematicamente e agregados em unidades, as quais permitem uma descrição exata das características pertinentes do conteúdo.”(d’UNRUG¹)

Na organização da codificação, o material (transcrição das entrevistas) foi dividido em *unidades de registro e unidades de contexto*.

A *unidade de registro (UR)* é a unidade de significação da entrevista; corresponde ao segmento de conteúdo a considerar como unidade de base, ou seja, a proposições, ou fragmentos de proposições do entrevistado que contêm um núcleo de sentido que tem significação para a análise.

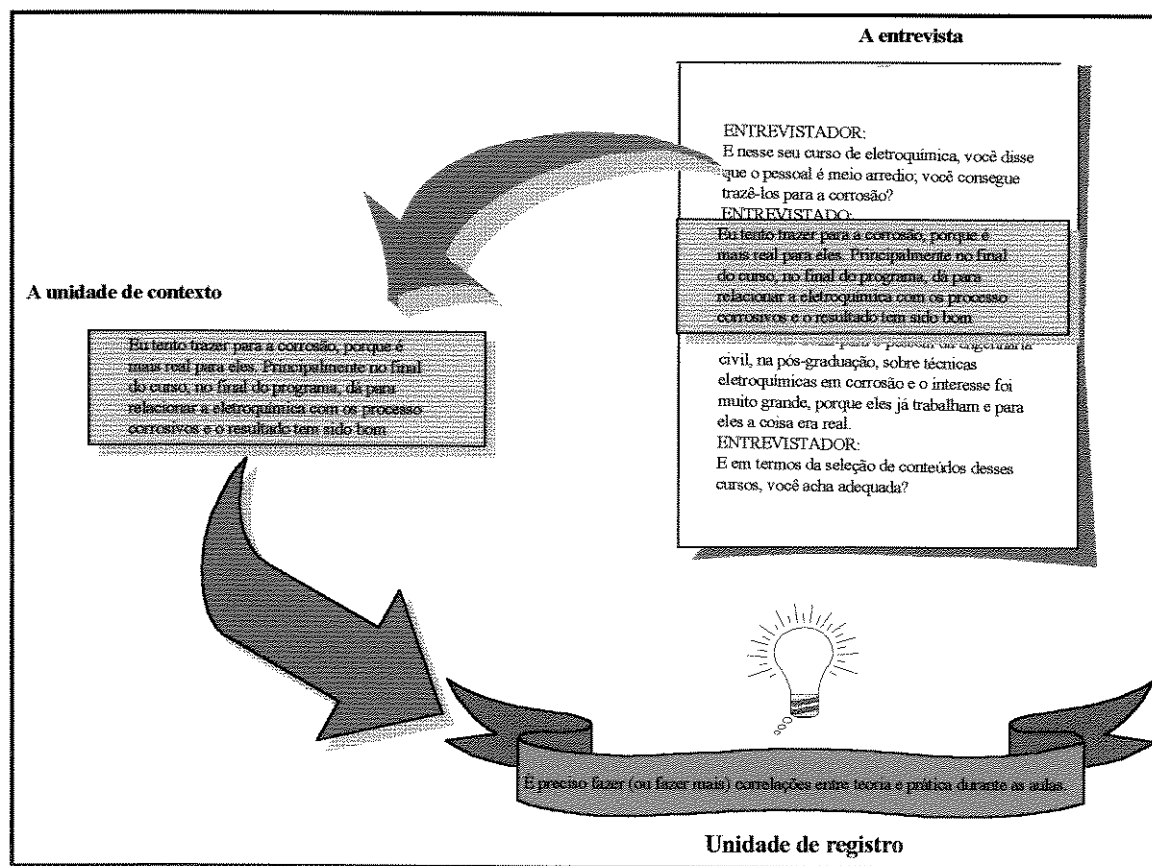
O processo de identificação das URs foi desenvolvido através da demarcação, nas transcrições das entrevistas, de trechos que continham uma idéia central de interesse no trabalho, isto é, que correspondiam a um tema a ser analisado. Esses trechos são denominados de *unidades de contexto (UC)*, que, segundo Bardin (1977), servem:

¹ M. C. d’Unrug, *Analyse de contenu et acte de parole*, Ed. Universitaires, 1974, citado por Bardin, 1977, p. 103.

“...de unidade de compreensão para codificar a unidade de registro e corresponde ao segmento da mensagem cujas dimensões (superiores às da unidade de registro) são ótimas para que se possa compreender a significação exata da unidade de registro. Isto pode, por exemplo, ser a frase (...), o parágrafo para o tema.” (p.107)

A figura a seguir ilustra o processo de identificação das unidades de contexto e de registro a partir do texto de uma entrevista.

FIGURA 3.1- Esquema de identificação das unidades de contexto e de registro no



texto de uma entrevista.

As UCs foram demarcadas e numeradas, sendo que, as URs, foram registradas com o mesmo número das UCs correspondentes. O processo é ilustrado, a seguir, com trechos de uma entrevista.

Cópia de trechos de entrevista com identificação de UCs.

ENTREVISTADOR:

Resumindo, como você vê o profissional de corrosão hoje; como ele está saindo da graduação e como ele deveria estar, em relação à formação em corrosão ?

ENTREVISTADO:

[4]{Acho que o que está saindo está com deficiência e que precisa se diminuir isso}. acho que[9]{ fornecendo para o pessoal das indústrias cursos de curta duração, com pontos que atendam necessidades específicas, por exemplo, proteção catódica, ou fazer uma coisa geral, inicialmente, de uma semana, sobre tudo o que envolve a corrosão, com laboratório, se possível}. A nível de pós-graduação, concentrar também em corrosão.[10]{ Nós não temos mestrado em corrosão e a gente não pode fugir disso, porque já existe um campo imenso em termos de quantidade de pessoas trabalhando com corrosão. }

ENTREVISTADOR:

E nesse seu curso de eletroquímica, você disse que o pessoal é meio arredo; você consegue trazê-los para a corrosão?

ENTREVISTADO:

[12]{Eu tento trazer para a corrosão, porque é mais real para eles. Principalmente no final do curso, no final do programa, dá para relacionar a eletroquímica com os processo corrosivos e o resultado tem sido bom. Eu dei duas aulas para o pessoal da engenharia civil, na pós-graduação, sobre técnicas eletroquímicas em corrosão e o interesse foi muito grande, porque eles já trabalham e para eles a coisa era real. }

ENTREVISTADOR:

E em termos da seleção de conteúdos desses cursos, você acha adequada?

ENTREVISTADO:

[12]{*Acho que em termos de teoria está bom, mas está faltando a prática. Os alunos saem sem correlacionar. A gente acaba tendo pessoas com medo de mexer em equipamentos, achando que é muito complicado, etc. É uma grande diferença com a minha experiência de fora e é uma coisa que a gente tem que mudar a nível de Brasil, mesmo!*}

Na cópia transcrita para o exemplo, os trechos de entrevistas correspondentes a uma UC estão delimitados por chaves e identificados por um número de codificação, que está entre colchetes. Assim, no trecho acima foram identificadas três UCs, com os seguintes códigos: 4, 9 e 12.

Para cada uma das UCs identificadas, foi registrada a respectiva UR, com o mesmo código da UC, como apresentado a seguir:

URs da cópia da entrevista ilustrada como exemplo:

UR [4]: Os profissionais estão saindo da graduação com deficiência na formação em corrosão.

UR [9]: Os cursos de curta duração podem ser uma forma de ajuda aos profissionais já formados.

UR [12]: É preciso fazer (ou fazer mais) correlações entre teoria e prática durante as aulas.

A fase final da etapa de codificação consistiu no processo de classificação temática, que foi desenvolvido concomitantemente com a fase de identificação das URs. Esse processo teve início já na pré-análise, quando se definiu um sistema preliminar de classificação temática, que foi revisto e adaptado na medida em que foram identificadas, registradas e classificadas as URs.

O sistema final ficou dividido em temas, que se relacionam com os aspectos da formação em corrosão, as falhas do sistema atual e as sugestões de melhoria. a relação dos temas é apresentada no início do capítulo III.

3.3.3 Categorização

Após a classificação de todas as URs nos seus referidos temas, passou-se à etapa de categorização. As categorias são classes que reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso) sob um título genérico, em razão dos caracteres comuns destes elementos.

Relacionadas as URs de todas as entrevistas, foram identificadas aquelas que possuíam um sentido comum. Para cada grupo de URs com a mesma significação, foi estabelecida uma categoria representativa de suas idéias comuns.

A figura seguinte representa o estabelecimento de categorias a partir da seleção das URs.

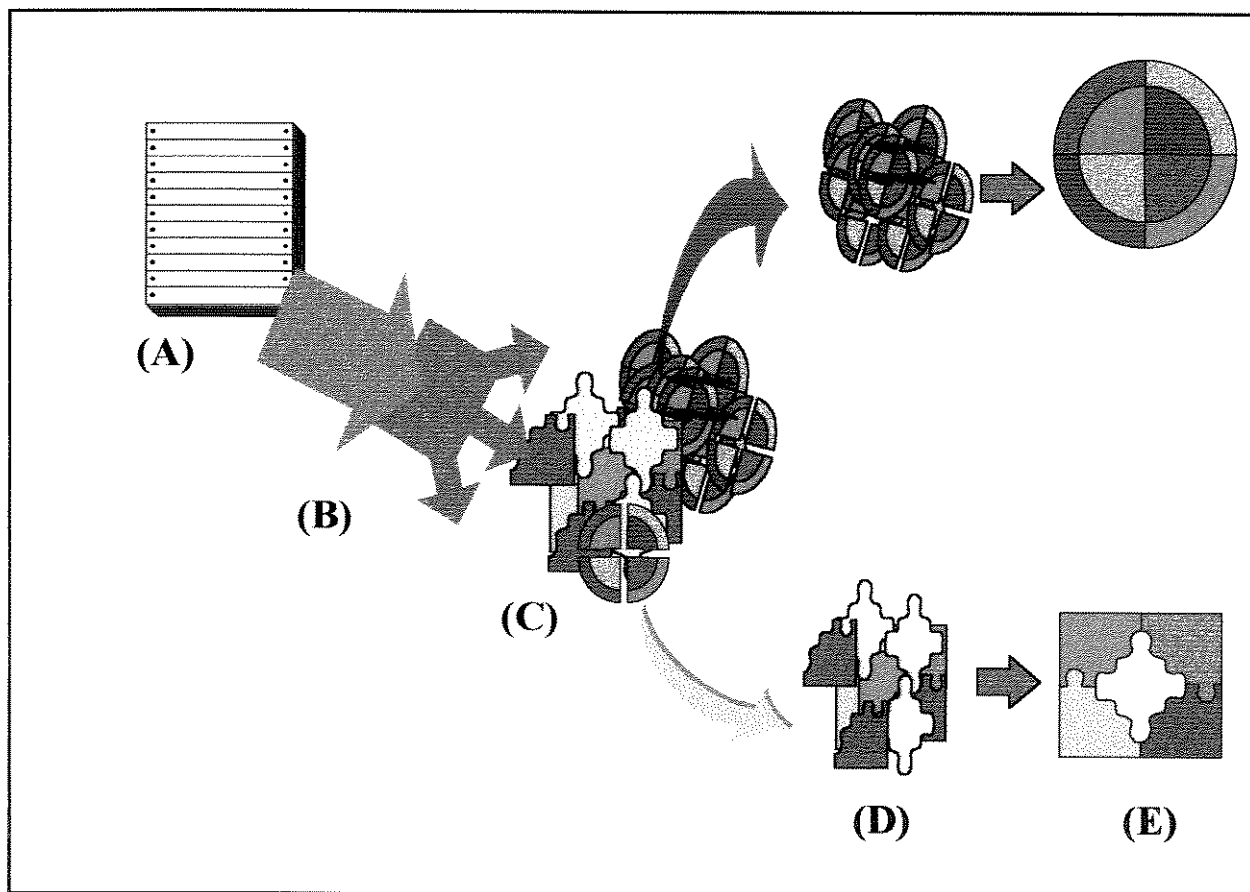


FIGURA 3.2 - Esquema do processo de categorização das unidades de registro.

(A): Entrevistas (B): Unidades de contexto (C): Unidades de registro de todas as entrevistas (D): Unidades de registro selecionadas por afinidade (E): Estabelecimento de categorias

Para melhor compreensão do processo, segue-se um exemplo de suas etapas.

Exemplificação do processo de categorização.

A partir da codificação e categorização das URs, obtiveram-se tabelas, contendo as URs por tema. No tema 7 - Dificuldades apresentadas pelos alunos, algumas URs levantadas estão apresentadas na TAB. 3.1, a seguir:

TABELA 3.1 - Exemplo de categorização: URs de quatro entrevistas, classificadas no tema 7 - Dificuldades apresentadas pelos alunos².

Nº da entrevista	Código da UR	Unidades de registro
1	12	É preciso fazer (ou fazer mais) correlações entre teoria e prática durante as aulas.
2	23	O professor de corrosão deve ter experiência prática, não só acadêmica.
3	11	Exames de peças e slides em aula são importantes.
4	15	Estudos de casos práticos de corrosão ajudam o aluno a fixar melhor os conceitos

Pela análise das URs da tabela, pode-se extrair a idéia comum da relação teoria - prática no ensino de corrosão. Sendo assim, todas as URs da TAB. 3.1 (apresentada parcialmente, repetimos), foram classificadas na categoria Estudo de casos práticos, do tema em questão. De outras URs desse mesmo tema (dificuldades apresentadas pelos alunos) foram extraídas outras idéias comuns, que se constituem em novas categorias, cujo conjunto final é apresentado no capítulo 4. As categorias estão relacionadas, juntamente com suas UR's de origem, nos ANEXOS A a G, no final do trabalho.

3.3.4 Análise e interpretação dos dados

É a etapa final da análise do conteúdo, onde se analisam os significados das proposições obtidas, através da discussão e reflexão das categorias encontradas para cada tema e das URs a elas classificadas.

Findas todas as considerações a respeito dos procedimentos metodológicos, essa análise é, então, apresentada no próximo capítulo.

² A tabela apresentada contém apenas algumas URs, para ilustrar o processo de categorização; não foi apresentada totalmente em função da sua extensão.

Capítulo 4

PROPOSIÇÕES DOS CORROSIONISTAS BRASILEIROS SOBRE O ENSINO DE CORROSÃO NO BRASIL

Neste capítulo, são apresentadas e discutidas as categorias obtidas na análise de conteúdo das 48 entrevistas realizadas com os professores, pesquisadores e profissionais de empresas ligados direta ou indiretamente à corrosão. Conforme descrito no capítulo anterior, tais categorias representam a síntese das proposições desses profissionais relativas ao ensino de corrosão na fase de graduação dos cursos de engenharia e ao perfil do técnico destinado ao trabalho com corrosão nas indústrias.

As categorias estão representadas pelos seguintes temas:

1. Caracterização do profissional corrosionista brasileiro de hoje.
2. Importância da formação em corrosão nos cursos de graduação.
3. O ensino atual de corrosão nos diversos cursos.
4. Principais dificuldades apresentadas pelos alunos no estudo da corrosão.
5. Os reflexos da formação no campo de trabalho.
6. Corrosão: disciplina obrigatória?
7. Como deveria ser a formação em corrosão?
8. O perfil desejado para o profissional de corrosão

Na discussão de cada tema, foram levadas em conta tanto as opiniões dos pesquisadores e professores (grupo I) como a dos profissionais de empresas (grupo II).

As citações apresentadas não trarão a identificação do entrevistado, ou de qualquer dado que a possibilite, de maneira a se preservar o sigilo pessoal e profissional.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROFISSIONAL CORROSIONISTA BRASILEIRO DE HOJE

Como discussão inicial, será apresentado um apanhado geral das características do profissional que trabalha hoje em dia com corrosão no Brasil. As informações que se seguem foram extraídas ora de questões elaboradas objetivamente, ora de impressões colhidas no contexto da entrevista, por observação do ambiente de trabalho, conforme descrito no primeiro capítulo desta dissertação.

4.1.1 Formação acadêmica

Como já comentado, não existe no Brasil, oficialmente, a formação específica de “Engenheiro de Corrosão” ou equivalente, como se encontra nos Estados Unidos e Europa. Nas empresas, os profissionais com este tipo de atividade são, na maioria, engenheiros, divididos quase que igualmente entre mecânicos, químicos e metalurgistas. Aparecem também, em menor número, os engenheiros de materiais e civis, além de bacharéis e técnicos em química e técnicos eletrônicos. Apenas um dos profissionais possuía menos de um ano de trabalho com corrosão; os demais, um mínimo de dez anos. Todo o grupo de entrevistados, com exceção daquele com menor experiência, participa com certa frequência de eventos da área sendo que, em vários casos, como membros da comissão de organização ou de comissões técnicas.

Os professores universitários contatados são, na maioria, engenheiros mecânicos e metalúrgicos, sendo que existe também um grande número de engenheiros químicos e químicos. Todos com pós-graduação na área de corrosão e ativa participação em congressos, seminários e eventos afins. Orientam grupos bastante ativos de pesquisa em nível de iniciação científica, mestrado e doutorado nas universidades. O tempo mínimo de experiência encontrado nesse grupo foi de pouco mais de dez anos e, o máximo, de quase quarenta.

Pôde-se observar aqui a composição de uma comunidade relativamente heterogênea; contudo, as diferenças, como formação acadêmica e tempo de atuação, entre outras, parecem ter contribuído para a constituição de um grupo onde o conhecimento é bastante socializado. Por todo o período de realização desta pesquisa, durante as entrevistas ou eventos que foram aproveitados para contatos, observou-se que existe contínua troca de experiências entre profissionais de mesma linha de pesquisa ou de ramos diversos, que vão além das

apresentações e palestras, nas conversas nos períodos de intervalo e manutenção de intercâmbio posterior de informações.

Interessante comentar que praticamente todos os profissionais entrevistados vieram a trabalhar em corrosão “por acaso”, isto é, por oportunidade de emprego ou de bolsa de estudo na área; apenas um entre os quarenta escolheu este assunto, por causa das observações que fazia, desde criança, das camadas de ferrugem, comuns nas estruturas do seu cotidiano de cidade litorânea.

4.1.2 Como e onde trabalham

Nas universidades, o trabalho dos grupos de pesquisas é dividido em duas frentes principais: resolução de problemas propostos por empresas, por meio do estabelecimento de convênios e pesquisa pura, no sentido da produção de conhecimento para aproveitamento posterior na compreensão de mecanismos de corrosão ou desenvolvimento de novos materiais e métodos, com financiamento das agências de fomento. Os institutos de pesquisa realizam trabalho semelhante, principalmente no tocante ao relacionamento com indústrias. Além disso, os pesquisadores entrevistados são também professores de universidades; daí a colocação das observações relativas a estas duas categorias num mesmo grupo.

Nas empresas, são poucos os casos onde se mantém um setor ou mesmo profissionais trabalhando especificamente com corrosão; o técnico que lida com este assunto está geralmente ligado às áreas de manutenção e/ou inspeção de equipamentos; em alguns casos, o pessoal de desenvolvimento de novos produtos inclui a resistência à corrosão em suas pesquisas.

Quanto à forma de trabalho, prevalece hoje a manutenção corretiva sobre a preventiva, fato justificado pela crise econômica, como pode ser notado pela citação:

“Nós conseguimos, até há uns dois anos, trabalhar em sistemas preventivos; inclusive, estávamos organizando um bom sistema, onde a gente estabelecia prioridades, em função da corrosividade medida em determinados locais. Infelizmente, por problemas de verbas, a gente interrompeu esse programa. Estamos só com manutenção corretiva, o que não é bom.”

Existem empresas que trabalham também com a manutenção preventiva, dependendo da sua área de atuação, mas são em número consideravelmente menor.

4.1.3 O treinamento em corrosão nas empresas

Quando da contratação do profissional, não é exigido nenhum tipo de conhecimento sobre corrosão; assume-se, em 100 % dos casos entrevistados, que o engenheiro “não sabe, mesmo”. As próprias empresas procuram dar um treinamento, que vai desde a transmissão “informal” de conhecimentos pelos funcionários mais antigos até a contratação de cursos por pessoal externo, passando por casos onde existe um esquema de treinamento interno bem estruturado:

“Não existe curso, é com base no dia-a-dia.”

“São todos técnicos eletrônicos ou técnicos mecânicos, não tem nenhum formado nessa área. Nós damos as informações necessárias internamente. Fornecemos cursos, pela ABRACO ou outras companhias, atualmente a IEC¹. Também o acompanhamento diário, ligado à proteção catódica.”

“Nós temos um setor de treinamento muito grande, com cursos de relações pessoais, de técnicas de comunicação, cursos na área de humanas, biológicas e técnica. Dentro desses cursos na área técnica, existe um para operadores de subestação. Nesse curso tem um módulo de corrosão (1 semestre).”

Existem muitas empresas que firmam convênios com universidades e institutos de pesquisa; tais acordos prevêem o fornecimento dos cursos de treinamento e atualização, além da realização de análises e ensaios de corrosão; por esse motivo, quase não se encontram laboratórios de corrosão nas indústrias.

¹ Instalações e Engenharia de Corrosão. Nota do autor.

4.1.4 A massa crítica dos corrosionistas e os problemas de comunicação

Foi bastante comentado que o número de profissionais brasileiros trabalhando com corrosão é ainda muito pequeno, e que existe certa falta de comunicação entre eles. O problema da comunicação foi relacionado a dois fatores principais.

Primeiramente, temos as grandes distâncias entre os núcleos de pesquisas espalhados pelo país, o que traz desconfortos para a comunicação e intercâmbio de informações entre os pesquisadores. Os encontros da área têm se realizado principalmente no eixo Rio - São Paulo; a participação de um profissional da região norte ou nordeste, por exemplo, implica o afastamento de vários dias do seu local de trabalho. O pessoal corrosionista de uma empresa é em pequeno número e a ausência de qualquer um traz acúmulo de serviços para os demais.

A sugestão apresentada para contornar essa situação é de se regionalizarem mais os eventos. Tentativas nesse sentido começam a ser observadas, como, por exemplo a realização do Primeiro Seminário sobre Corrosão Norte - Nordeste, realizado em Fortaleza, em 1995. É sabido que a ABRACO está também atenta para a questão das distâncias e pensa em outros locais para a realização do seu Congresso Nacional de Corrosão.

Contudo, esbarra-se, para isso, no segundo ponto levantado: o problema financeiro. A realização dos eventos envolve altos custos, que as associações de classe, como a ABRACO, não podem cobrir. A observação a seguir ilustra bem esta situação:

“Eu acho que é apoio que está faltando. Porque há falta de dinheiro. (...) Então, a ABRACO tem que ter caixa suficiente(...). Arrecadar dinheiro vem dos sócios, mas os sócios são poucos, talvez insuficientes para pagar algumas coisas lá. Eles nem têm dinheiro para soltar uma revista mensalmente. Nos EUA, o país também é grande, mas eles têm reuniões locais. As firmas se orgulham em ter uma pessoa na diretoria de uma subseção da NACE, por exemplo. Então, eles os apoiam para ir até Houston, por

exemplo, onde tem a sede deles, para participar. Pode ser que ele esteja trabalhando em Seattle, Washington, num outro canto do país. Outro talvez esteja trabalhando no MIT, ou ele é um professor, mas é presidente de uma comissão ou é um mesário. Ou o MIT paga, ou a NACE paga, mas ele consegue participar da reunião.”

Fica claro que falta no Brasil o apoio financeiro por parte da iniciativa privada, no setor de corrosão. O entrevistado ainda compara:

“...por que a ABM está aqui e eu sei que eles estão falando sobre aços? Porque as aciarias é que dão apoio (USIMINAS, CSN, etc.).”

Conclui-se, então, que a massa crítica dos profissionais de corrosão brasileiros apresenta deficiências na comunicação, sendo os principais problemas o econômico e o geográfico, intimamente ligados.

Definidas as principais características dos profissionais de corrosão brasileiros, passaremos, agora, à análise das suas proposições propriamente ditas sobre o ensino de corrosão.

4.2. IMPORTÂNCIA DA FORMAÇÃO EM CORROSÃO NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO

Todos os profissionais entrevistados concordam que o futuro engenheiro deve ter conhecimentos em corrosão. As opiniões nesse sentido foram bastante claras e podem ser exemplificadas por citações de alguns deles:

“Eu avalio pelo próprio curso que eu dou, de seleção de materiais, porque o segundo cálculo mais importante, além da resistência mecânica, é a resistência à corrosão.”

“No meu caso, se eu tivesse um programa de corrosão básica, seria extraordinário(...)”

“Sem dúvida nenhuma. Eu não consigo imaginar um engenheiro sem conhecimento em corrosão. Em qualquer área, ele tem que conhecer obrigatoriamente corrosão.”

“Ela teria facilitado, porque eu tive que aprender na prática, mas um profissional de engenharia química, mecânica, civil e metalúrgica não pode sair para o mercado sem conhecer corrosão. Por que, até bem pouco tempo, aqui, a gente nem sabia o que era corrosão. Muita bobagem que foi feita foi por falta de conhecimento.”

“Acredito que sim, porque corrosão está cada vez mais em voga, com a própria ISO 14.000. Acho que isso já dá um incremento muito grande ao cuidado com a corrosão. Então, acho necessário, não sei se específico, mas, pelo menos, durante o curso, dar uma noção do que seria. Assim, mais pessoas saberiam, conheceriam, não falaria, como eu ouvi outro dia, ‘proteção catódica’!”

Apesar da unanimidade com relação à *transmissão* do conhecimento relativo à corrosão, a *forma* como isso deve ser feito é fator de discussão, como se observa pela análise do tema IV, mais adiante. Antes, examinaremos como está hoje o estudo de corrosão nos cursos de graduação.

4.3. O ENSINO ATUAL DE CORROSÃO NOS DIVERSOS CURSOS

Novamente lembraremos o aspecto não - quantitativo desta pesquisa e, sendo assim, não será usado nenhum dado estatístico nesta fase.

Em todas as universidades visitadas a corrosão é abordada em pelo menos um dos cursos de graduação da área de engenharia. O que varia bastante é a maneira pela qual se insere neles, ora como disciplina específica (obrigatória, às vezes; eletiva, na maioria dos casos), ora como parte de outra (geralmente como tópicos de eletroquímica).

O desenvolvimento do conteúdo, em ambos os tipos de abordagem mencionados, é basicamente o mesmo:

- uma revisão dos princípios de eletroquímica;
- definição e importância do estudo de corrosão;
- as formas e mecanismos básicos de corrosão;
- a proteção contra a corrosão.

Esta semelhança é explicada pela adoção de livros texto praticamente comuns a todos, já que o número de obras nacionais desse tipo é muito reduzido. As citações seguintes são representativas do que se falou a respeito da seleção de conteúdos e da situação da bibliografia nacional sobre corrosão:

“...então eu me baseei muito no livro do professor Gentil; depois, a gente foi procurando outras bibliografias. Usei o livro do Fontana² que, para um engenheiro, é excelente.”

“Nacional? Péssimo! Só temos o livro do Gentil e o do Ramanathan, mais nada³. É melhor não falar que é péssimo, mas que é muito reduzida! Acho que o livro do Gentil é mais para a graduação; o do Ramanathan é um

² Referências às obras de GENTIL (1982) e FONTANA & GREENE (1978)

³ Referência às obras de GENTIL (1982) e RAMANATHAN [s.d.]. Outra obra foi editada após a realização desta entrevista, a saber, PANOSSIAN (1993).

pouco mais profundo, pode ser usado na pós, mas falta desenvolver mais livros nessa área ou traduzir os que já tem prontos, para quem não lê inglês.”

Em apenas uma dessas universidades o enfoque é diferenciado: além da corrosão metálica, é estudada a degradação de materiais poliméricos e cerâmicos e a disciplina tem o nome de “Corrosão e Degradação dos Materiais”.

As disciplinas específicas têm em média um semestre de duração (apenas um caso de matéria anual) e não contam com aulas práticas em laboratório (com exceção de duas das universidades contatadas); os experimentos estão mais presentes nas disciplinas de pós - graduação que envolvem o assunto.

Apesar da ausência da parte experimental, em todos os casos os professores envolvem estudos de situações reais nas suas apresentações, geralmente resultados de seus trabalhos de assessoria na área; os alunos têm, então, contatos com fotografias, *slides* e/ou peças corroidas para ajudar na assimilação dos conceitos e fenômenos estudados.

As questões da obrigatoriedade do ensino de corrosão e das aulas práticas serão discutidas no próximo tema.

4.4. PRINCIPAIS DIFICULDADES APRESENTADAS PELOS ALUNOS NO ESTUDO DA CORROSÃO.

Pedi-se que os professores explicassem em que os alunos encontravam maior dificuldade durante o curso; aos representantes de empresas, perguntou-se o que tinham achado mais difícil de aprender sobre corrosão.

Novamente, houve um consenso: a parte relacionada à eletroquímica foi a mais citada, como comprovam as citações:

“É o conceito químico, mesmo, tentar entender como acontece. Na verdade, eu não preciso tanto disso. Onde eu tinha dificuldade, conversava com os amigos, eles iam explicando, mas eu não preciso me aprofundar. Se eu

fizer uma escala de 1 a 100 em corrosão, se eu aprender 0,2 está bom para o que eu faço!”

“A atuação química da corrosão. O movimento dos íons, polarização catódica, anódica.”

“É essa questão na interface, ele não entende o tamanho da dupla camada elétrica, confunde o tamanho da dupla camada elétrica com o tamanho da camada de difusão, não está fixa para ele a idéia do anodo e catodo. Acho que a pior confusão é o potencial de equilíbrio, que ele confunde demais com o potencial de corrosão, de interface, e a curva de polarização, porque ele quer comparar a curva que ele obtém com a que o professor desenhou no papel. Acho que são esses conceitos iniciais.”

Este último comentário é referente a uma disciplina ministrada em um curso de pós - graduação; observa-se que, apesar da especificidade, o tipo de dificuldade ainda é o mesmo.

Outro ponto também bastante colocado foi o da correlação com as situações reais. Quando o estudo passa a ser muito teórico, o nível de dificuldade de compreensão aumenta:

“A coisa funciona bem quando você junta teoria com prática. Quando você entra numa parte muito abstrata, complica. Os mecanismos de corrosão, a parte de química, porque o pessoal não associa.”

“O alunado encontra mais dificuldade em transpor para um caso prático todas as informações teóricas que ele recebeu nos cursos anteriores, Esse é o maior problema”

“Quando eu entro na teoria. Dependendo do nível de pessoa, eu uso o mínimo de teoria. Faço muitas experiências. Passado isso, eu entro nos tipos de corrosão. Para cada tipo, eu tenho uma experiência. Eles aprendem sem ir às equações. E a parte de proteção eles também gostam muito, mas eu sinto que é mais carregado.”

Uma justificativa para a dificuldade em entender os conceitos químicos envolvidos nos processos corrosivos é bem colocada por este entrevistado:

“... eles têm uma Engenharia Metalúrgica muito prática, pouco teórica. Então, eles têm uma tendência de achar que eletroquímica é coisa de químico. A maior parte dos alunos diz que gosta de siderurgia, laminação, coisas práticas. É uma dificuldade passar para eles conceitos de eletroquímica e isso é a base para corrosão. Quando eu entrei nem tinha a parte de eletroquímica. Então, depende muito de como é a grade dentro daquele período que ele passou na universidade.”

O aluno de engenharia cursa química geral ainda no ciclo básico, ou seja, nos dois primeiros anos do seu curso; a corrosão é vista geralmente por volta do quarto ou quinto anos. O que se pôde perceber é que não é feito um trabalho de conscientização, junto ao aluno, durante a disciplina de química geral, de como aqueles conceitos serão aplicados futuramente em outras matérias, como corrosão, por exemplo. Talvez fosse o caso de se repensar a estrutura da química geral para os cursos de engenharia, de forma a integrar o currículo e transmitir uma visão global ao aluno.

4.4.1 Os pré - requisitos para estudar corrosão

Após detectadas as dificuldades apresentadas no item anterior, foi perguntado ao grupo de professores se os alunos apresentavam os pré - requisitos químicos necessários ao entendimento da corrosão. Novamente, a questão da “química para engenharia”:

“Eles vêm com pouquíssima noção, porque é um curso de engenharia mecânica. Por isso, a gente dá pouco enfoque na eletroquímica. A gente pega a eletroquímica básica, mesmo; o que é uma célula de corrosão, ânodo, cátodo, como é o fluxo de elétrons dentro de uma célula...”

“... é interessante, porque, quando você fala em corrosão, você não pode estudar corrosão sem conhecer química. A corrosão é química ou eletroquímica; ambas são reações químicas. Então, é difícil, pela própria formação do engenheiro mecânico, que nunca foi voltada para a química, conhecer os processos eletroquímicos da corrosão, como é difícil para o engenheiro químico entender as propriedades mecânicas dos materiais.”

Estes depoimentos reforçam a idéia de que é necessário romper a barreira entre a química e a engenharia. O estudo de química precisa ser desmistificado; o aluno (não só de engenharia) precisa “perder o medo” da química e a universidade deve ajudá-lo nisso.

4.5. OS REFLEXOS DA FORMAÇÃO NO CAMPO DE TRABALHO

Caracterizado o profissional de corrosão brasileiro, situado o ensino de corrosão nos diversos cursos e colocadas as principais dificuldades apresentadas pelos alunos, analisaremos agora como tudo isso tem se refletido no campo de atuação do profissional assim formado.

4.5.1 O profissional de corrosão de hoje conhece corrosão?

Esta pergunta foi feita a todos os grupos, no sentido de se saber se os casos de corrosão estão sendo resolvidos científica ou empiricamente. De um modo geral, observou-se que

“Tendo em vista a visão comercial, acho que não. Ou sabe e não quer passar. Você vê projetos pedindo 30 anodos, sendo que 20 dariam...”

“Eu diria que, na maioria das vezes eles não têm conhecimento de corrosão. Eles têm muita experiência prática com o material deles. Por exemplo, um fabricante de latas: ele conhece o material dele mas, quando um cliente reclama, ele não consegue definir bem, saber por que corroeu. Quando você apresenta um conjunto de fatores que causaram aquela situação e explica como tudo aconteceu, na maioria das vezes eles se surpreendem, gostam de estar sabendo daquilo, porque não sabiam que era dessa forma, não sabiam que a temperatura teria esse efeito, então, eles não têm o conhecimento que deveriam.”

“O “geral” todo mundo sabe, aliás o engenheiro tem uma maneira muito prática de lidar com essas coisas, com tabelas, handbooks, e não passa daí. Falta um conhecimento mais básico, mais científico. Mesmo nos congressos a gente nota que os trabalhos são muito práticos, do tipo “testar tal material em tal condição e o efeito que dá”. Poucos trabalhos têm explicações científicas, que pesquisem mecanismos, que expliquem como o processo se desenvolve.”

Alguns entrevistados apresentaram opiniões mais otimistas:

“ Não em indústrias de grande porte, que já estão mais conscientes. Você nota, às vezes, em indústrias de construção, mas mesmo aí o pessoal de engenharia já está se conscientizando da importância da corrosão.”

“Tem casos de pessoas muito bem informadas e outras não. Acho que, no geral, as comissões organizadoras dos congressos têm conseguido selecionar bem os trabalhos.”

“Sabe. Hoje, a sociedade corrosionista do Brasil está no mesmo nível do pessoal da NACE e até um pouco acima do pessoal da Europa. Eu, que estive lá, pude sentir que nós não deixamos nada a desejar. Na parte científica nós perdemos um pouco, mas na tecnológica não.”

Quisemos saber como a indústria tem administrado o problema da formação inadequada, quais as soluções ou tentativas. É o que será discutido no próximo item.

4.5.2 A empresa procura por cursos de formação?

Já foi falado sobre o treinamento para o profissional ingressante, feito de diversas maneiras, inclusive com a contratação de cursos externos.

Procurou-se estudar, nesse ponto do trabalho, o interesse das indústrias em manter o seu pessoal atualizado e como isso tem sido feito. O que se encontra é muita vontade e pouco dinheiro:

“A empresa tem interesse, desde que não atrapalhe suas atividades normais. Antes da crise, ela dispunha de um tempo para o funcionário fazer cursos, trabalhar na tese. Com a crise, ela começa a cobrar produtividade dentro da empresa e as atividades de pós-graduação, por exemplo, acabam sendo realizadas em segundo plano.”

“O pessoal tem necessidade, mas não tem dinheiro. O pessoal da indústria não manda ninguém não só por dinheiro, mas porque não pode dispor do funcionário por muito tempo. Empresas estão desativando centros de pesquisa para reduzir custos. Se precisarem, consultam os centros de pesquisa.”

“Com relação a incentivos, talvez até exista a clareza da necessidade, mas existe a dificuldade. Tenho feito muitos cursos, porque conheço muita gente e consigo de graça. Mas a dificuldade não é só com corrosão, é com todas as áreas da empresa.”

“É problema econômico. A gente tem visto pessoas que analisam o programa e não conseguem liberação por causa de dinheiro.”

4.5.3 Os cursos de curta duração

Tem sido muito comum a realização de cursos de curta duração em corrosão e outras áreas técnicas. Sobre isso, o grupo de professores foi o que mais se manifestou:

“Particularmente, eu acho que esses cursos são puramente uma forma de ganhar dinheiro fácil. A maioria dos cursos que eu tenho visto serve para duas coisas: para se ganhar o dinheiro e se divulgar nomes nacionais de consultorias.”

“Eu também já dei vários cursos desses. Acho que são totalmente desatualizados. Outro problema: a população que vem fazer esses cursos é muito heterogênea e fica difícil conciliar as coisas. O curso acaba sendo frustrante. A minha experiência que teve sucesso foi com os cursos específicos: uma empresa, preocupada com os problemas de corrosão, a gente vai até lá e prepara o pessoal da empresa para corrosão.”

“Esses cursos de 20, 30 horas, sou um pouco cético quanto à eficiência desses cursos. Acho que não são eficientes. Acho que seria melhor procurarem cursos mais especializados.”

Boa parcela do grupo manifestou-se menos radical:

“Eu, pessoalmente, sou contra esses cursos muito rápidos, porque não dá tempo de ensinar bem. Mas há o impasse de que nem sempre a indústria pode dispor de um tempo maior para o seu técnico. Então, antes pouco do que nada. Já é um alerta, uma cutucada.”

“O objetivo dos cursos de pequena duração é informativo, é despertar no profissional o interesse pelo assunto. Depois que você desperta o interesse... A gente tem sempre que ser otimista. Tudo é válido.”

Sobre os cursos de curta duração pudemos observar que a opinião geral é de que a formação do profissional de corrosão não deve ser inteiramente baseada neles, seu caráter deve ser considerado como *informativo*, antes de *formativo*; forma de propaganda ou não, foi tido por muitos como melhor do que nada, um começo, pelo menos.

4.6. CORROSÃO: DISCIPLINA OBRIGATÓRIA?

A questão da presença obrigatória da disciplina de corrosão nos cursos de graduação em engenharia dividiu a opinião dos entrevistados em dois grupos distintos. O primeiro, completamente favorável, sendo que as justificativas são expressas pelos seguintes trechos de entrevistas:

“Acho que sim. Gasta-se muito com corrosão eletroquímica e microbiológica, principalmente com reposição de peças; quem está trabalhando com isso não sabe de corrosão, quando precisam, contratam especialistas; se tivessem melhor formação, não precisariam.”

“Com certeza. Eu acho que é fundamental. Teria que ser uma matéria do tipo fundamental. Não tem aqueles dois primeiros anos? Às vezes, estuda-se cálculo numérico 1, 2, 3, 4, 5... Aquilo, sim, que ele nunca vai usar!”

“Tenho certeza. Acho que corrosão e degradação de materiais poliméricos, etc. Acho importante enxergar as coisas como globais.”

“Acho. Inclusive, numa mesa redonda da ABRACO, comentei que havia um problema muito grave: que não estavam ensinando corrosão na graduação.”

Houve depoimentos que mostraram que os próprios alunos solicitavam a presença da disciplina no seu curso:

“Tem alunos da mecânica, civil, que pedem para assistir junto com a engenharia química (a disciplina só é oferecida para a engenharia química).”

“O interesse pela disciplina de corrosão é grande. Oferecemos a disciplina no semestre passado e os alunos fizeram uma lista com 15 assinaturas pedindo que fosse oferecida novamente neste.”

Por outro lado, alguns entrevistados foram de opinião de que uma disciplina específica de corrosão implicaria um nível de especialização maior do que o que deve ter um curso de graduação:

“Não. Eu acho que eles têm muita coisa para ser ensinada, o desenvolvimento técnico é muito grande. Hoje, há uma tendência de você dar mais disciplinas básicas do que aplicadas. O que eu acho é que deveria se reforçar a parte de físico-química, onde eletroquímica seria um tópico.”

Esse ponto chegou a ser rebatido em outras entrevistas, com o argumento que será representado pela seguinte opinião, emitida quando o entrevistador pergunta se inserir uma disciplina exclusiva de corrosão não seria especificar demais o curso:

“Não. A universidade deve ensinar o básico. Esse básico nunca se perde. Já o particular pode se perder. Os princípios de corrosão não vão mudar, o que pode aparecer é um equipamento novo, para permitir uma melhor determinação.”

Observações desse tipo, que apareceram também em outras entrevistas, sugerem o ensino de corrosão na forma de uma disciplina à parte, onde devam ser tratados os fundamentos, em vez de casos muito específicos.

Outra hesitação quanto à inserção da disciplina de corrosão está relacionada com a grande carga horária dos cursos de engenharia:

“Acho que não dá para dizer obrigatória por causa da carga horária, mas como eletiva vale a pena(...)”

“...a carga horária é muito elevada. Nosso aluno está saindo com cinco mil e poucas horas de aula, durante os cinco anos. Quando se pega o currículo mínimo do MEC é de 3600 horas. Se você coloca mais disciplinas, o aluno fica maluco.”

“O que tenho sentido é que os alunos não vêm com um processo de acumulação de conhecimento. Eles estudam alguma coisa há 1 ou 2 anos e, quando você tenta recuperar aquilo, eles não respondem. Acho que isso se deve a uma carga horária muito grande, eles não conseguem tempo para refletir sobre cada assunto, estudam correndo, preparam-se só para a prova e não sedimentam o conteúdo.”

Aqueles favoráveis à obrigatoriedade da disciplina argumentam:

“Eu vejo que a parte de corrosão é uma disciplina muito importante para a graduação dos profissionais de engenharia de qualquer ramo. Agora, pensaria, em nível curricular brasileiro, seria muito mais interessante nós termos um número significativamente menor de disciplinas e, entre elas, a de corrosão. Num contexto de o aluno ter, o que nos parece adequado, da ordem de 20 horas - aula por semana, ele pode tratar o assunto de corrosão como parte de uma única disciplina, bem cobrada, bem desenvolvida, condições de laboratório...”

Uma sugestão daqueles desfavoráveis à obrigatoriedade foi apresentar o assunto de maneira “diluída”, isto é, distribuído em várias disciplinas:

“O que estamos tentando fazer hoje é enxugar ao máximo o currículo. Condensar as disciplinas, analisar um assunto em diferentes locais, para mostrar a interdisciplinaridade, além de tudo. Toda a generalidade que a gente poderia dar numa disciplina, o que ficaria muito cansativo, a gente resolveu distribuir em várias disciplinas. Em vez de eu ter 30 horas aula de corrosão numa só disciplina, tenho 30 horas de aula distribuídas em várias disciplinas.”

Em virtude da diferença de opiniões, todas com argumentos consistentes, já se percebe que este é um ponto que, certamente, continuará gerando discussões. De qualquer modo, o que talvez seja mais importante é que todos concordam em pelo menos apresentar o assunto. No próximo capítulo, serão colocados os nossos comentários a respeito, de forma sintetizada, que seguirão a título de sugestão, que poderá ser adaptada às diferentes realidades.

A seguir, discute-se a estrutura de uma disciplina de corrosão, ou ainda, a seqüência ideal de abordagem do assunto, mesmo que não numa única disciplina.

4.7. COMO DEVERIA SER A FORMAÇÃO EM CORROSÃO?

De acordo com o que já foi colocado, não houve um acordo entre os entrevistados sobre a obrigatoriedade de uma disciplina específica de corrosão nos cursos de graduação em engenharia, mas foi unânime a opinião de que o assunto deve ser tratado.

A questão que se coloca agora é a *forma de abordagem*, isto é, como seria desenvolvido o tema em uma ou em várias disciplinas. Para o grupo de professores, foi pedida uma sugestão de ementa; aos representantes de empresa, solicitou-se que expusessem, com base na sua experiência, o que um profissional que viesse a trabalhar com corrosão realmente deveria aprender sobre o assunto na universidade.

4.7.1 O conteúdo programático

Começando por algumas citações:

“Minha opinião é que o ensino deve começar no terceiro ano de formação, com uma pequena introdução sobre o que é corrosão, ou talvez ainda antes, porque a massa de informação escrita dobra a cada cinco anos: o que eu aprendi no final do colégio meu pai aprendeu quando estava se formando...A massa de informação está tão grande que para alguém se dedicar a um determinado campo, você tem que introduzir um pouco de diversos assuntos o quanto antes possível.”

“Basicamente, não poderia escapar dos princípios básicos de corrosão, os diferentes tipos de corrosão, o entendimento e identificação da corrosão, conhecer o processo e, o que é fundamental e é a parte mais chata, a parte de físico-química da coisa.”

“Acho que um curso básico de corrosão deveria envolver uma parte de química, físico-química (eletroquímica), metalurgia e um pouco de

microbiologia. Mas tem que tomar cuidado para não assustar as pessoas (não se aprofundar muito). E com parte prática, com alguns experimentos de eletroquímica, mecanismos de reação. Até, talvez, com curvas de polarização.”

“Acho que tinha que mudar um pouco o enfoque da corrosão. O pessoal corrosionista só ensina sob o ponto de vista eletroquímica. Eles não estudam sob o ponto de vista metalurgista. Tinha que ter, na formação, uma noção de metalurgia. Tinha que dizer o que é um metal, o que é um grão, uma macla, uma discordância, contorno de grão, o que vem a ser uma liga, noções de aço inoxidável, aço carbono, alumínio, precipitações. Para o “cara” que estuda Química tinha que ter um curso de metalurgia, necessária para corrosão. Na Metalurgia, tinha que ser o contrário, porque o “cara” não sabe o que é um pH, ele acha que H^+ só existe dentro do ácido, ele acha que o oxigênio vai atacar o metal à temperatura ambiente, ele não entende que é o oxigênio dissolvido na água, não sabe o que é uma molaridade, produto de solubilidade, solubilidade, quando fala em produtos de corrosão solúveis, insolúveis, ele aprende como papagaio. Quando você vê os trabalhos, você identifica se o “cara” é da linha dos metalurgistas ou se é da linha dos eletroquímicos.”

Propositadamente, as citações apresentadas não foram separadas como sendo de professores e pesquisadores ou profissionais de empresas; as sugestões de ambos os grupos como se pode observar, foram bastante harmoniosas. Obviamente, ao se analisarem todas as proposições deste tema, nota-se uma atenção, às vezes excessiva, para a área de atuação específica do entrevistado, como no exemplo:

“Se ele vai trabalhar com corrosão, obrigatoriamente, ele vai trabalhar com tintas. Então, ele deveria saber sobre tintas. Não precisa saber a fundo, também, mas uma coisa básica, para poder indicar algumas coisas. Nós já tivemos clientes com estruturas de 500 milhões de dólares querendo jogar uma tinta de preço de pastel de feira!”

De uma unidade de contexto como a apresentada acima foi extraída uma unidade de registro do tipo “o aluno deve estudar também os métodos de proteção contra a corrosão, que são também uma forma de se proteger o investimento realizado”.

4.7.2 Aulas práticas?

As aulas práticas, na maioria das opiniões, foram colocadas como necessárias, já que facilitam em muito a assimilação dos conhecimentos:

“... acho que, além da parte teórica, ele deveria ir para um laboratório e realmente fazer algumas experiências de corrosão para poder visualizar.”

“Acho que eletricidade e química. Com bastante parte prática.”

“É fundamental esses cursos não serem só teóricos. Fica muito maçante. E a corrosão é muito fácil de ser dada através de algumas experiências de laboratório e de contato com o campo. Na minha cabeça, um curso interessante é: no início, você apresentar os problemas que tem. Pega o setor elétrico e apresenta os problemas macro do setor. Pega o setor metalúrgico, petroquímico. Uma coisa que o Gentil⁴ faz e muito bem: mostrar a situação atual dos problemas de corrosão. Mostrar a relação que existe dos problemas com os custos. Ai, entrar numa parte mais de laboratório, onde

⁴ Referência ao professor Vicente Gentil, da UFRJ. O nome foi mantido na citação, neste caso, por entendermos tratar-se de uma justa homenagem à competência deste profissional, que é parte viva da história nacional do ensino de corrosão.

“você mostra como é a corrosão, os principais tipos. Ai você fecha o assunto corrosão num bloco e começa outro bloco, de proteção contra a corrosão. Na proteção, deveria ser dada ênfase na proteção catódica, inibidores, camada de conversão, revestimentos metálicos, que envolvem a eletrodeposição, galvanoplastia, metalização. Depois, finalmente, com o trabalho de pintura. Um pouco antes de pintura, a preparação superficial. Entre a parte de corrosão e proteção, na transição, dar uma ênfase na decapagem química. Esse é o roteiro que eu uso.”

Houve casos em que a expressão “aula prática” foi entendida como equivalente a *experimentos demonstrativos*, realizados somente pelo professor, ou ainda como *estudo de situações reais*, de fatos acontecidos e presenciados pelo professor e apresentados na forma de *slides*, por exemplo. Pediu-se, então, um esclarecimento sobre a opinião do entrevistado que, em todas essas ocasiões, manifestou-se favorável também ao desenvolvimento de experimentos pelo aluno, num laboratório.

Houve quem não achasse imprescindíveis as aulas práticas:

“Acho que dá para ter uma boa noção sem, mas é lógico que a aula prática é um complemento que, inclusive, poderia despertar mais interesse do aluno. É que é um investimento muito grande que a escola teria que fazer. Nós mesmos só temos parte prática há dois anos, aqui na fábrica.”

“Na minha opinião, não precisa de nada de aulas práticas. Precisa ter uma cadeira que mostre para o aluno que a corrosão existe, os mecanismos básicos de corrosão e quais são os métodos de proteção que existem e que são aplicados na prática. Não dá para admitir um “cara” sair de uma escola de engenharia sem saber isso.”

Tais afirmações foram compreendidas, dentro do contexto dos entrevistados, como significando que, mesmo na impossibilidade de se realizarem aulas práticas, é possível desenvolver-se um curso de corrosão.

Essa impossibilidade de realização de experimentos de corrosão num curso de graduação foi bastante relacionada com a carga horária, o tamanho das turmas e a conseqüente necessidade de adaptação dos laboratórios:

“Aula prática eu acho que sempre é bom. A gente precisaria ver a viabilidade prática dentro de um curso de metalurgia ou de materiais. Às vezes, a carga horária não permite colocar uma disciplina envolvendo aulas práticas. Seria bom, mas eu acho que há outras matérias que precisam de ênfase.”

“...e esse é um grande problema das universidades. Na escola técnica, você tem muitos laboratórios de ensino. Na universidade, os laboratórios são mais de pesquisa, você não tem laboratório de graduação, exceto algumas disciplinas específicas. Então, fica complicado: como é que você coloca um grupo de alunos de graduação dentro de um laboratório de pesquisa? Não tem tempo, espaço, etc.”

Para que se monte um laboratório de estudos de corrosão é necessário, segundo a opinião desses entrevistados, que se compre um número de equipamentos (potenciostato, por exemplo) que permita aos alunos realizarem experimentos em pequenos grupos, de modo a poderem observar realmente os fenômenos; equipes muito grandes prejudicam esta observação. Isso envolveria um custo muito alto, que não se justificaria, pelo pouco tempo em que os equipamentos estariam sendo usados para essas aulas. A sugestão de se dividirem as turmas, usando os laboratórios de pesquisa para os alunos de graduação, implicaria um atraso no desenvolvimento do programa da disciplina. Além do que, por se tratar, na maioria dos casos, de uma disciplina eletiva, todos esses ajustes acabam não compensando.

O que muitos dos professores entrevistados acabam fazendo é levar os alunos a uma visita pelo laboratório de pesquisa, em apenas uma das aulas, onde se apresentam e se descrevem, de forma geral, os equipamentos e as atividades ali desenvolvidas.

4.8. O PERFIL DESEJADO PARA O PROFISSIONAL DE CORROSÃO

Com base na sua experiência pessoal e nas proposições apresentadas quanto à formação em corrosão do engenheiro, pediu-se aos representantes de empresa que traçassem um perfil do que seria um profissional corrosionista brasileiro.

Citações bastante significativas são exemplificadas:

“Acho que tem vários perfis. Se você for analisar o pessoal de faculdade, ele deveria ter equipamentos e tecnologia para desenvolver ali aquela parte teórica; na minha área, ele tem que ser diversificado, tem que entender um pouco do que acontece no processo, saber como atuar usando tecnologia de mercado para combater, saber contratar, então, tem que saber um pouco de corrosão, de administração, tem que ser muito diverso, tem que entender de coisas até que não são de corrosão (parte jurídica, etc.). Tem a parte de investigação: temos problema de aderência de tinta porque o boi vai e encosta numa linha de transmissão: o sebo animal prejudica a aderência e o solvente que eu uso não é suficiente para remover...”

“Deve ter uma base com um curso voltado mais para a área de materiais. Deve ter uma noção de propriedades de materiais. Dentro da empresa, a posição deve estar ligada à análise de falhas etc., por que, você ter a formação e não ter a prática não adianta. É um trabalho de detetive.”

“É uma pergunta difícil, porque o profissional corrosionista atua em várias áreas.”

“No nosso caso, não adiantaria ele ser especialista somente em corrosão; teria que saber também de manutenção e inspeção de equipamentos.

Nós precisamos mais de um profissional versátil do que de um especialista.”

Em meio a uma crise econômica, a opinião representada pelas duas últimas citações têm forte significação. As empresas estão vivendo uma realidade onde a polivalência do funcionário deve ser cada vez maior; começa a sair de cena o técnico altamente especializado para dar lugar àquele com grande adaptabilidade (foi ouvido o termo *empregabilidade*, isto é, a capacidade de o indivíduo poder se manter num emprego, capaz de desenvolver atividades não só em um único setor).

Sendo assim, e pelas próprias características investigativas que exige o estudo de um processo corrosivo, parece que a qualidade principal do profissional de corrosão brasileiro deva ser a criatividade, que lhe permitirá usar da sua formação nas diferentes áreas de sua atuação.

No próximo capítulo, serão feitas as análises sobre as proposições aqui discutidas como temas, onde apresentaremos as nossas sugestões quanto às questões levantadas.

Capítulo 5

ANÁLISE DAS PROPOSIÇÕES DOS CORROSIONISTAS ENTREVISTADOS

Na introdução desta dissertação, foram levantados alguns questionamentos a respeito do ensino de corrosão e do perfil do profissional atuante nesta área no Brasil, que serviram de ponto de partida para as investigações realizadas. No capítulo quatro, foram observadas as opiniões dos entrevistados sobre aqueles pontos, agrupadas, por similaridade, em categorias.

Após o desenvolvimento de todo o trabalho investigativo, resta agora tecer considerações sobre as proposições apresentadas, na tentativa de se caracterizar o perfil desejado para o profissional de corrosão brasileiro e de se estabelecerem princípios comuns para o ensino de corrosão em nível nacional.

A sugestão desses princípios comuns será feita com base em reflexões sobre as informações obtidas e das possíveis implicações daí derivadas, buscando-se as respostas para aquelas questões iniciais e acrescentando-se novos questionamentos, surgidos das investigações desenvolvidas.

As proposições apresentadas a seguir correspondem às idéias geradas a partir do trabalho de análise e interpretação dos dados obtidos, bem como sintetizam as principais contribuições desta dissertação para o processo de difusão e implementação de propostas de ensino de corrosão nos cursos de graduação em engenharia.

5.1. O PROFISSIONAL DE CORROSÃO BRASILEIRO

A partir da observação de dados como formação, sistema de trabalho na instituição ou empresa, forma de atuação e tempo de atividade, juntamente com as impressões colhidas durante os períodos de entrevistas, estabeleceu-se a caracterização do profissional de corrosão atuante hoje em dia no cenário nacional, apresentada no capítulo anterior.

Esta caracterização mostrou que, nas universidades e institutos de pesquisa, a falta de formação específica em corrosão foi suprida com cursos de pós-graduação, no país ou no exterior. Nas empresas, essa complementação vem, na grande maioria, da educação informal, seja em cursos de curta duração ou em congressos e eventos afins.

Retomando brevemente algumas proposições apresentadas, pudemos observar que todos os entrevistados manifestaram-se concordantes com a importância do ensino de corrosão nos cursos de graduação em engenharia; também foi enfatizado que os profissionais, na sua maioria, não tiveram boa formação em corrosão na faculdade.

Entretanto, notou-se que o fato de não existirem técnicos formalmente especializados nesta área não é motivo de preocupação para as empresas. Prova disso é que, conforme já comentado, a maioria delas trabalha hoje com o sistema de manutenção corretiva, em vez da preventiva; houve casos em que laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, atuando principalmente na área de corrosão, foram os primeiros a serem desativados ao se adotar a política de redução de despesas, por causa da crise econômica. Citações de entrevistados apresentadas no capítulo anterior confirmaram que a participação de representantes de empresa nos diversos cursos disponíveis no mercado tem sido consideravelmente menor nos últimos anos. A participação nos eventos organizados pelas associações de profissionais da área está cada vez mais difícil, devido à falta de verbas.

Durante a execução desta pesquisa, entramos em contato com diversas realidades brasileiras; em nenhuma delas foi relatado qualquer tipo de iniciativa que tivesse partido exclusivamente das indústrias, no sentido de se influenciar o ensino de corrosão nas universidades.

Pelo exposto até agora, temos, então, alguns dados a considerar:

- o ensino de corrosão nos cursos de graduação em engenharia foi unanimemente reconhecido como de grande importância para o engenheiro;
- os profissionais não se acham bem formados com respeito à corrosão ao saírem da faculdade;

- nenhuma solicitação específica é feita, junto às universidades, por parte das empresas, visando o aprimoramento desse ponto do ensino.

Contraopondo estes itens, deparamo-nos com o que parece uma situação contraditória: ao mesmo tempo que a formação é considerada importante, não é reclamada pelo mercado a que se destina.

Também foi visto que o profissional atuante tem recebido alguns treinamentos e cursos rápidos, além de participar de eventos da área, onde existe intensa troca de experiências.

A lacuna deixada pela universidade parece estar sendo preenchida pela educação informal. Os profissionais que, dentro das empresas, são solicitados a atuar na área de corrosão, buscam a sua formação complementar por esta via. Porém, a especialização em corrosão dos engenheiros não parece ser uma iniciativa da empresa. Durante a fase de entrevistas foram detectados poucos casos de políticas de formação de pessoal que incentivassem a participação de profissionais em cursos de pós-graduação, especialização, extensão universitária e em eventos como congressos, simpósios e seminários. A frequência com que esses profissionais são encontrados nestas atividades parece ser resultado principalmente de iniciativas individuais. Esta constatação parece não ser característica apenas da área de corrosão.

Para encontrarmos a solução desta charada, parece-nos útil uma breve análise dos lados social e político da tecnologia.

A partir de meados da década de 50, a economia brasileira passou por um processo de internacionalização, que foi consolidado pela política econômica adotada pelos governos pós - 64. Tecnologias sofisticadas, oriundas dos países desenvolvidos, foram crescentemente introduzidas no Brasil, acopladas às empresas multinacionais que aqui se instalaram.

O progresso trazido por este intercâmbio foi sensível. Entretanto, algumas alterações no comportamento e na mentalidade dos operários das empresas foram observadas. Não foram condições impostas explicitamente; antes disso, um processo muitas vezes inconsciente, em resposta à necessidade de adaptação à nova realidade.

Em todas as áreas, vemos a busca incessante da modernização, o desenvolvimento de técnicas avançadas. O Brasil, como país subdesenvolvido, importa tanto o equipamento

quanto a técnica dos países desenvolvidos. Sendo assim, sua possibilidade de escolher entre técnicas diferentes fica bastante reduzida, principalmente para novos produtos e materiais.

As empresas aqui instaladas trazem equipamentos e processos; fornecem aos funcionários treinamento e estágios na sua matriz, a título de “intercâmbio tecnológico”. Este ponto ficou claro nesta pesquisa quando o entrevistador pedia, aos representantes das empresas, uma comparação entre os estágios de desenvolvimento dos trabalhos em corrosão no Brasil e no exterior: todos os entrevistados possuíam esta experiência e responderam que o nível é o mesmo. A seguinte citação confirma o que foi dito:

“Não existe mais possibilidade de você falar de um país sem uma forte tecnologia externa. O que eu vejo acontecendo aqui é o ajuste às nossas condições de meio ambiente, etc. Eu diria que a gente não tem muitos problemas em trabalhar com o que vem de lá. A gente otimiza. Nós não ficamos devendo ao pessoal do exterior.”

Este cenário faz com que o parque industrial aqui instalado oscile entre a implantação de uma política própria de formação de pessoal, com a instalação de programas de manutenção preventiva e a dependência de suas matrizes, para treinamento e manutenção corretiva. Por outro lado, a indústria exclusivamente nacional sempre esteve impedida de pensar e planejar a longo prazo, devido ao caos econômico, com inflação crescente, que se observou no Brasil a partir de 1973, ano considerado como o fim do “milagre econômico”.

Com tudo isso, também, fica claro que deixa de ser necessário o investimento na formação específica do profissional técnico a operar com essa tecnologia. Entretanto, a situação da economia nacional continua sendo a única justificativa empregada para a mudança do sistema de manutenção, a falta de investimentos na formação do funcionário, a desativação de setores dedicados à pesquisa, entre outras coisas.

Toda a argumentação usada até aqui, que na verdade é a constatação da realidade, pode servir de esclarecimento a uma questão básica no Brasil: por que as instituições universitárias e o mercado de trabalho atuam de forma independente, sem troca de informações entre si. Os cursos de graduação em engenharia muitas vezes não conhecem o perfil exato do

profissional de que o mercado necessita. Este, por sua vez, por falta de políticas e objetivos claros quanto à formação de pessoal, não pode fornecer este importante subsídio para o aprimoramento dos currículos

Pensamos assim ter esclarecido uma aparente contradição. A questão da formação específica em corrosão passa, a nosso ver, por um processo de conscientização e esclarecimento de pontos nem sempre muito claros ao profissional inserido no setor produtivo e à forma como o ensino de corrosão é feito nas universidades.

Cabe dizer que não se assume, nesse trabalho, uma posição contrária à importação de tecnologia; tampouco desconsidera-se a crise econômica nacional como fator limitante aos investimentos em quaisquer áreas. Só é preciso, na nossa opinião, que o próprio corrosionista atente para a questão e passe a atuar mais de perto, influenciando o ensino de graduação, por meio dos contatos e convênios já mantidos com as universidades; por exemplo, compartilhando sua vivência de indústria com professores e alunos, na sala de aula.

5.2. O ENSINO DE CORROSÃO

Ao examinarmos as proposições relativas ao ensino de corrosão, expostas no capítulo anterior, temos a concordância unânime quanto à sua importância; as opiniões divergiram, entretanto, sobre a forma como deve ser realizado: numa disciplina específica (e nesse caso, se obrigatória ou eletiva) ou com tópicos presentes em várias matérias. Neste item, apresentaremos as nossas observações sobre o tema.

5.2.1 Sua importância

Não resta muito a se considerar sobre a importância da formação em corrosão para o profissional de engenharia; em praticamente todas as suas modalidades, o engenheiro tem possibilidades de se deparar, durante suas atividades, com a solução ou prevenção de processos corrosivos. Conclui-se, então, que, seja em uma disciplina específica para o assunto, ou dividido em outras disciplinas que constituem o curso, os fundamentos de corrosão devem estar presentes num curso de engenharia.

5.2.2 A forma de inserção da corrosão nos currículos

Dois importantes aspectos levantados durante a realização das entrevistas para esta pesquisa, no tocante à presença de uma disciplina específica de corrosão num curso de engenharia, foram:

- a carga horária destes cursos já é muito maior que a mínima prevista pelo CFE;
- a existência de uma matéria exclusiva e obrigatória para corrosão implica um grau de especialização maior do que deve ter um curso de graduação em engenharia.

Constata-se a veracidade do primeiro ponto pela análise da carga horária média dos cursos de engenharia das universidades visitadas, cujo valor aproximado é de 3800 horas.

Quanto à segunda colocação, vem de encontro à tendência atual para os cursos de engenharia que, segundo a Associação Brasileira de Ensino de Engenharia - ABENGE, devem ser generalistas, com disciplinas abrangentes e básicas.

Nossas sugestões para a forma de transmissão dos conhecimentos relativos à corrosão serão feitas de duas maneiras: a primeira, na tentativa de se respeitar aquela tendência, explorando o currículo mínimo do curso de engenharia e a segunda, contemplando os casos em que seja possível o oferecimento de uma disciplina específica. É necessário, entretanto, esclarecer que, em qualquer das formas adotadas, o ensino de corrosão nesses cursos deve seguir uma ementa básica, apresentada a seguir.

5.2.2.1 A ementa para o ensino de corrosão

Pela análise das proposições dos entrevistados, ficou claro que a corrosão deve ser obrigatoriamente ensinada nos cursos de engenharia. A partir destas mesmas proposições, foram levantados os tópicos a serem abordados que, aqui relacionados, constituirão a ementa a ser seguida para esse estudo, seja em uma única disciplina ou pela divisão do seu conteúdo em várias delas. São eles:

1. Estrutura e Propriedades dos Materiais
2. Transformação de Fases dos Materiais
3. Eletroquímica Aplicada à Corrosão

4. Tópicos de Corrosão e Proteção contra Corrosão

5. Seleção de Materiais

Não importando se em uma ou mais disciplinas, o estudante de engenharia deverá ter conhecimento tanto dos conceitos químicos quanto daqueles envolvendo a estrutura dos materiais, para então entender satisfatoriamente a ocorrência dos processo corrosivos e poder trabalhar no sentido da sua solução ou prevenção.

O desenvolvimento de cada item da ementa proposta será comentado posteriormente, quando abordarmos a disciplina específica de corrosão. As mesmas orientações para a ementa desta disciplina servirão para o caso de se abordarem os tópicos em disciplinas variadas.

Trataremos agora das duas formas de inserção do ensino de corrosão nos cursos de engenharia: dividido em várias disciplinas do currículo e em uma só disciplina.

5.2.2.2 O currículo mínimo dos cursos de engenharia

Para podermos analisar a inserção do ensino de corrosão como tópicos presentes em várias disciplinas, achamos necessário um esclarecimento da estrutura do currículo mínimo de um curso de engenharia, feito a seguir.

O Conselho Federal de Educação - CFE, considera como áreas de habilitação da Engenharia as seguintes¹:

- Civil;
- Elétrica;
- Mecânica;
- Metalurgia;
- Minas;
- Química.

Ainda segundo o CFE, habilitações específicas do curso de Engenharia, correspondentes a especializações profissionais, tais como as de Engenharia Aeronáutica, de

¹ Este parágrafo e os seguintes, usados na descrição do currículo mínimo para os cursos de engenharia, referem-se à Resolução nº 48/76, de 27/4/76, com as alterações da Resolução 09/77, de 16/05/77, do Conselho Federal de Educação.

Alimentos, Eletrônica, Eletrotécnica, de Materiais, Naval, de Produção, de Telecomunicações, Sanitária e outras, já existentes ou que venham a ser criadas, deverão ter origem em uma ou mais das seis áreas da relação anterior.

A parte comum do currículo compreende matérias de formação básica e de formação geral; a parte diversificada envolve matérias de formação profissional geral e de formação profissional específica.

As disciplinas de **formação básica**, comuns a todas as áreas, devem cobrir os campos²:

- Matemática;
- Física;
- Química*;
- Mecânica;
- Processamento de dados;
- Desenho;
- Eletricidade;
- Resistência dos materiais*;
- Fenômenos de transporte.

As matérias de **formação geral**, igualmente comuns a todas as áreas da Engenharia, cobrem os campos de Humanidade e Ciências Sociais, destacando-se Administração e Economia e Ciências do Ambiente.

As disciplinas de **formação profissional geral**, em cada área de habilitação, encontram-se relacionadas na TAB. 5.1. Colocaram-se em destaque aquelas onde pensamos ser possível a inclusão de conteúdos relativos à corrosão. Os dados da tabela são baseados na resolução do CFE sobre o currículo mínimo dos cursos de engenharia.

Os currículos plenos do curso de engenharia devem ser desenvolvidos no tempo mínimo útil de 3.600 horas de atividades didáticas, que deverão ser integralizadas em tempo total variável de quatro a nove anos letivos, com termo médio de cinco anos. As instituições de ensino, uma vez atentadas as exigências do currículo mínimo, podem acrescentar ou desdobrar

² Foram destacados em itálico os campos onde se acha possível a inserção de conteúdos de corrosão, conforme será discutido mais adiante.

as matérias ou aumentar a duração do curso, caso julguem necessário à complementação da formação básica ou profissional. Isto de fato acontece na maioria dos cursos de graduação. Como exemplo, nos cursos de Engenharia Mecânica, a disciplina de Materiais de Construção Mecânica, atendendo as especificidades e ênfases de cada curso e as inovações tecnológicas da área, encontra-se dividida entre as disciplinas de Estrutura e Propriedades dos Materiais, Transformações de Fases dos Materiais e Seleção de Materiais; o mesmo acontece com a disciplina de Ciências dos Materiais e Metalurgia Física dos cursos de Engenharia Metalúrgica e de Materiais.

5.2.2.3 O ensino de corrosão pelo currículo mínimo

Nas relações de disciplinas que compõem o currículo mínimo, mostradas anteriormente, destacaram-se todas aquelas onde informações sobre corrosão podem ser inseridas. Para deixar mais claro esse ponto, serão apresentadas, nas TAB. 5.2 e 5.3, as suas ementas, com destaque para os tópicos onde pode ser feita tal inserção.

Pelo exposto, pode-se observar que o ensino de corrosão pode estar presente dentro de um curso de engenharia mesmo fora de uma disciplina específica. Sendo assim, pensamos estar diante de uma *solução técnica* que pode atender aqueles cursos que já apresentam uma carga horária muito superior à mínima recomendada pelo CFE.

TABELA 5.1

Relação das matérias de formação profissional geral para os cursos de engenharia em cada área de habilitação. A primeira linha contém as áreas (em negrito) e, as demais, as matérias, com destaque para aquelas onde podem se inserir informações sobre corrosão.

Civil	Elétrica	Mecânica	Metalurgia	Minas	C
Topografia	Circuitos elétricos	Mecânica Aplicada	Mineralogia e Tratamento de Minérios	Topografia	Química
Geologia dos Solos	Eletromagnetismo	Termodinâmica Aplicada	Metalurgia Extrativa	Geologia Geral	Química
Engenharia Aplicada	Eletrônica	Processos de Fabricação	Processos de Fabricação	Geologia Econômica	Operações
Engenharias Estruturais	Controle e Servomecanismos	Sistemas Mecânicos	Metalurgia Física	Mineralogia e Petrologia	Processos
Curso Básico	Conversão de Energia	Sistemas Térmicos	Físico-Química	Sistemas Mecânicos	Físico-
Engenharias Estruturais	Materiais elétricos	Sistemas Fluidomecânicos	Ciências dos Materiais	Pesquisa Mineral	Materiais
Portes		Materiais de construção mecânica		Lavra de Minas	Químicos
Matérias de Engenharia Civil				Tratamento de Minérios	

TABELA 5.2

Tópicos das ementas das matérias de formação básica e geral, onde se pode incluir o ensino de corrosão.

Formação	Matéria	Tópico da ementa
básica	Química	Tópicos básicos da físico-química. Atividades de laboratório
geral	Ciências do Ambiente	Efeitos da tecnologia sobre o equilíbrio ecológico

TABELA 5.3

Tópicos das ementas das matérias de formação profissional, em cada habilitação, onde se pode incluir o ensino de corrosão.

Área	Matéria	Tópicos da ementa
Civil	Materiais de Construção Civil	Tecnologia dos materiais de construção civil.
	Sistemas Estruturais	Estruturas de concreto. Estruturas metálicas. Estruturas de madeira.
Elétrica	Construção Civil	Planejamento e controle das construções.
	Materiais Elétricos	Elementos de ciências dos materiais.
Mecânica	Materiais de Construção Mecânica	Elementos de ciências dos materiais. Tecnologia dos materiais de construção mecânica.
Metalurgia	Físico-química	Eletroquímica e suas aplicações. Termodinâmica metalúrgica. Atividades de laboratório.
	Ciências dos Materiais	Estrutura e propriedades dos materiais metálicos, cerâmicos e dos polímeros. Atividades de laboratório.
	Metalurgia Física	Propriedades das ligas ferrosas e não ferrosas. Tratamentos térmicos. Atividades de laboratório.
Minas	Metalurgia Extrativa	Metalurgia dos não ferrosos.
	Lavra de Minas	Métodos de lavra a céu aberto e subterrânea.
Química	Tratamento de Minérios	Manuseio de materiais.
	Físico - Química	Eletroquímica. Atividades de laboratório.
	Materiais	Elementos de ciência dos materiais. Tecnologia dos materiais empregados em construções na indústria química.

Devemos dizer que esta “técnica” não representa novidade no meio educacional. Pudemos, inclusive, observar bons trabalhos realizados por universidades neste sentido, com respeito à corrosão, durante a pesquisa. Contudo, não foram poucos os ex-alunos de algumas dessas instituições, contatados hoje como representantes de empresa, que afirmaram “não ter visto nada de corrosão no seu curso”.

Para explicar esta situação, devemos ter em mente que a técnica não se aplica por si só. A questão não se resolve se a reestruturação curricular é feita somente no plano do papel. Antes disso, é necessário que se adote uma *filosofia de integração disciplinar*, ou seja, todo o corpo docente deve estar envolvido no processo, por meio da constante troca de informações entre os professores, cada um procurando saber do desenvolvimento do programa do outro, para que conteúdos não sejam repetidos sem necessidade ou, ainda, omitidos, por se pensar que o aluno já os recebeu em outra aula. É preciso que se dê a devida importância às questões pedagógicas. Afinal, estamos tratando de ensino e aprendizagem.

Temos aqui um reflexo do perfil do professor universitário brasileiro, que, segundo ABREU³, citado por GODOY (1988),

...se caracteriza como um especialista no seu campo de conhecimento; este é, inclusive, o critério para sua seleção e contratação; porém, não necessariamente este professor domina a área educacional e pedagógica, nem do ponto de vista mais amplo, mais filosófico, nem do ponto de vista mais imediato, tecnológico.”

É comum encontrarmos professores universitários, principalmente nas áreas técnicas, que demonstram certo descaso pela formação pedagógica sistematizada e que valorizam a experiência diária como forma de aquisição de uma prática eficiente de condução da sala de aula.

³ ABREU, M.C.T.A., MASETTO, M. T.. *O professor universitário em aula: prática e princípios teóricos*. São Paulo: Cortez, 1980.

É claro que não descartamos a importância da experiência, mas existe também um corpo de conhecimentos organizados sobre o processo de ensino que pode oferecer contribuições para as decisões a serem tomadas pelo docente no seu desempenho profissional.

O descompromisso desses professores com a pedagogia tem como um dos resultados a maneira isolada, independente, de trabalhar. O nosso profissional entrevistado, então, diz que “não teve nada de corrosão” porque, provavelmente, estudou pontos estanques, sem correlações, associações que lhe permitissem a visão global desse conhecimento no seu curso. Isto se dá devido à falta de integração entre as disciplinas de um curso de engenharia, para a qual o corpo docente não vê relevância.

Concluindo esta parte da análise, chamamos novamente a atenção para o fato de que, além da reestruturação curricular, talvez menos difícil de se realizar, é necessário o repensar pedagógico, ou ainda, assumir realmente um compromisso com o ensino, pelo envolvimento de todo o corpo docente na discussão dos enfoques e abordagens que cada disciplina deve receber.

No tópico seguinte, discutiremos os fundamentos para uma disciplina de corrosão.

5.2.2.4 Uma disciplina específica para corrosão

Os cursos de graduação apresentam, além das disciplinas obrigatórias, de caráter fundamental para a habilitação em questão, uma série de outras eletivas, que permite ao aluno imprimir uma certa ênfase à sua formação. A escolha dessas matérias reflete tendências do mercado de trabalho, atualmente voltadas para as áreas de produção e qualidade que, a nosso ver, requerem também certo conhecimento em corrosão, talvez maior que o oferecido pelo currículo mínimo.

Sendo assim, pensamos ser desejável que se tenha uma disciplina específica e eletiva de corrosão, de modo que o aluno tenha a liberdade de direcionar sua formação neste campo.

A disciplina de corrosão, conforme já foi dito, seguiria as mesmas diretrizes apresentadas anteriormente. A diferença é que alguns tópicos poderiam receber um tratamento diferenciado, permitindo maior aprofundamento ou especificidade, de acordo com as características do curso em que está sendo ministrada.

Para comentarmos o desenvolvimento desta disciplina, repetimos agora a relação dos itens que constituem a ementa para o ensino de corrosão nos cursos de engenharia:

1. Estrutura e Propriedades dos Materiais
2. Transformação de Fases dos Materiais
3. Eletroquímica Aplicada à Corrosão
4. Tópicos de Corrosão e Proteção contra Corrosão
5. Seleção de Materiais

No primeiro tópico, seriam discutidas a estrutura e as propriedades dos materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos, visando os casos de degradação de materiais não metálicos, presentes em vários setores da engenharia.

Em Transformações de Fases, seriam estudados os processo de nucleação e crescimento das fases, solubilização e precipitação, tratamentos térmicos e termoquímicos e uma primeira visão da oxidação e corrosão dos metais.

No terceiro item, seria feita a recuperação e o aprimoramento dos conceitos químicos e eletroquímicos necessários ao entendimento dos processos corrosivos.

Os Tópicos de Corrosão englobariam conceitos básicos, como definição e importância desse estudo, sua relação com aspectos econômicos, de segurança e ambientais, as principais formas e mecanismos de corrosão, métodos de ensaios e de monitoração. Na parte de Proteção, seriam estudados, desde o preparo de superfícies até a aplicação dos principais métodos de proteção contra a corrosão.

Em Seleção de Materiais, o trabalho seria principalmente com os critérios de seleção, propriedades e resistência à corrosão de materiais metálicos e não-metálicos.

A ementa foi proposta na tentativa de se preencherem as lacunas de conhecimento levantadas pelos entrevistados. A ênfase e a profundidade dadas ao tratamento de cada tópico devem variar de acordo com a habilitação em questão. Por exemplo, no caso das engenharias Mecânica, Metalúrgica e de Materiais, onde os tópicos 1, 2, e 5 desta ementa já são desenvolvidos em outros momentos do curso, o foco maior de trabalho seria nos itens 3 e 4, referentes aos conceitos químicos; na engenharia Química, a situação inversa, enfatizando-se

os tópicos ligados aos materiais. Seria transposta, desta maneira, a barreira entre os conceitos químicos e os de materiais.

Quanto à duração da disciplina, deve, obviamente, obedecer aos padrões da instituição, podendo ser semestral ou anual, mas com uma carga horária semanal mínima de duas horas.

Concordamos com o comentário feito de que, se tratados tópicos altamente específicos sobre corrosão, baseados somente na tecnologia de ponta, a disciplina tenderia a ter pouco valor prático, já que são constantes as inovações nos métodos de análise e monitoração, por exemplo. O tempo dessa disciplina deve ser aproveitado para a exploração dos conceitos básicos, realmente fundamentais.

Contudo, os itens sobre atualidades em corrosão não devem ser abandonados, pelo contrário, enriquecem o trabalho; achamos que o professor deve ser perfeitamente capaz de saber dosar esse tipo de informação durante o desenvolvimento do seu programa. Uma boa sugestão a ser seguida é contar com a participação de profissionais atuantes em empresas da região, apresentando palestras ou oferecendo visitas à empresa onde trabalha. Atividades deste tipo servem de oportunidade para que o próprio professor se atualize, quebrando sua rotina de afazeres acadêmicos.

Muito foi falado sobre a necessidade da relação entre teoria e prática no estudo da corrosão. A nosso ver, essa ligação deve ser feita pelo professor em cada assunto discutido, e vai depender, logicamente, da sua experiência com o mesmo. Os estudos de casos reais, o exame de peças, fotografias, slides, reportagens de jornais, revistas ou artigos específicos, têm se mostrado excelentes recursos didáticos nesse sentido.

O próximo item trata mais de perto das atividades práticas.

5.2.2.4.1 Atividades experimentais

Conforme levantado pelos entrevistados, nem sempre é possível levar uma turma de graduação para um laboratório de corrosão, já que este normalmente é pequeno, utilizado para grupos de pesquisa. O que se pretende aqui é sugerir diferentes tipos de atividades práticas, adaptáveis às diferentes situações e realidades de aulas; as sugestões apresentadas aplicam-se tanto ao desenvolvimento do conteúdo no currículo mínimo como na disciplina específica de corrosão.

Em primeiro lugar, cabe esclarecer que “aula prática” não significa somente “aula de laboratório”. São consideradas atividades experimentais também aquelas de exame de peças corroídas, comentadas no item anterior; quando um aluno é solicitado a estudar uma fotografia de uma estrutura corroída e discutir o processo, está realizando uma atividade prática; também o faz quando sai a campo (nas próprias instalações da universidade, talvez) e tenta identificar processos corrosivos e procurar uma explicação para o seu aparecimento e uma sugestão para sua eliminação.

Quando não se dispõe de um laboratório, ou no caso da falta de aparelhos em número suficiente para vários grupos de alunos, o professor pode realizar experimentos demonstrativos e estimular os estudantes a tentar explicá-los; as discussões geradas desta maneira podem ser muito úteis na compreensão dos fenômenos ligados à corrosão. Há vários experimentos de execução bastante simples, que podem ser realizados mesmo em uma sala de aula convencional.

Atmosferas corrosivas podem ser criadas dentro de dessecadores, aparelhagem comum nos laboratórios de química, onde corpos de prova (que podem ser conseguidos como doações de empresas) ficam expostos por alguns períodos; ainda que as normas para os testes não sejam seguidas à risca, o aluno tem condição de entender os princípios do método, cabendo ao professor a tarefa de explicar-lhe as adaptações feitas, bem como o tipo de equipamento usado para aquele fim numa realidade de empresa. Muitos ensaios de imersão podem ser facilmente levados a efeito também num laboratório comum de ensino de química, presente em todas as universidades. Pelo exame de periódicos da área de química, pode ser encontrado grande número de relatos de experiências nesse sentido.

É importante ressaltar que atividades experimentais em corrosão não requerem obrigatoriamente um laboratório específico. Um laboratório básico de Química e outro de Ciência dos Materiais, em geral já existentes nas faculdades de engenharia, podem ser utilizados com sucesso. Os reagentes químicos e vidraria do primeiro, aliados aos recursos para estudos metalográficos do segundo, podem garantir toda a estrutura experimental necessária ao desenvolvimento de atividades experimentais em corrosão, sem que haja investimentos específicos.

Novamente, identificam-se aqui as questões da integração entre professores e planejamento do programa da disciplina. A adaptação do desenvolvimento do conteúdo sobre corrosão à realidade da instituição é trabalho pedagógico, que pode trazer, entre outras coisas, o benefício do envolvimento entre a universidade e a comunidade industrial

Concluindo, as atividades práticas podem e devem fazer parte do ensino de corrosão, tanto no currículo mínimo como em uma disciplina específica.

Capítulo 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho pretendeu, conforme exposto na sua introdução, estabelecer as principais características do ensino de corrosão na formação do profissional corrosionista brasileiro, a forma como esta disciplina está inserida nos diferentes cursos de graduação, a expectativa do mercado em relação ao desempenho deste profissional, bem como apresentar sugestões para a adequação das ementas curriculares em função dessas expectativas.

O ensino de corrosão no Brasil ficou caracterizado como apresentando lacunas entre o que é discutido em sala de aula e o que é exigido do profissional pelo mercado de trabalho. Constatou-se que as falhas de formação têm sido parcialmente preenchidas pela educação informal, em cursos de curta duração fornecidos por empresas especializadas ou atividades desenvolvidas nos eventos da área.

Na tentativa de se resolverem as questões sobre o ensino de corrosão na fase de graduação do engenheiro, foram apresentadas sugestões de como se trabalhar esse conhecimento, que podem ser:

- dividindo seu conteúdo entre várias disciplinas do currículo mínimo de engenharia;
- em uma disciplina específica para corrosão, que a nosso ver, deve estar presente eletivamente na grade curricular desses cursos, de modo que o aluno tenha a liberdade de direcionar a especialidade da sua formação.

As entrevistas revelaram que o profissional de corrosão deve ter noções de:

- Estrutura e Propriedades dos Materiais
- Transformação de Fases dos Materiais
- Eletroquímica Aplicada à Corrosão

- Tópicos de Corrosão e Proteção contra Corrosão
- Seleção de Materiais

Foi constatada, ainda no contexto do ensino de corrosão, a deficiência na relação pedagógica entre o professor universitário e o processo de ensino - aprendizagem. Sugeriu-se que este ponto mereça maior atenção por parte dos docentes, uma vez que a interdisciplinaridade está intimamente ligada com esta proposta de ensino.

Em relação às expectativas do mercado quanto ao profissional corrosionista, observou-se a falta de uma ação do mercado junto às universidades, no sentido de influir no ensino de corrosão. Atribuiu-se o fato à falta de uma política de formação de recursos humanos, onde o técnico recebe o treinamento necessário nas empresas fornecedoras de materiais e processos, o que diminui a necessidade de investimento em formação específica. Assim, as maneiras encontradas para sanar aquelas deficiências de conhecimento trazidas pelo recém formado têm se mostrado eficientes. Sugeriu-se que os próprios profissionais atuantes passem a influir, junto às instituições de ensino, para que haja adequação entre o conhecimento transmitido e aquele necessário ao desempenho das funções do corrosionista.

No levantamento do perfil desejado para o profissional de corrosão, além da formação específica na graduação, comentou-se a necessidade de o mesmo possuir qualidades de adaptação às diferentes áreas possíveis para sua atuação.

Uma última constatação, otimista, a nosso ver, foi a de que, nos últimos anos, os profissionais envolvidos com corrosão, seja no ensino ou na sua aplicação nas empresas, têm reconhecido que há lacunas que devem ser preenchidas durante a formação acadêmica do engenheiro e parecem estar se mobilizando nesse sentido.

6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A pesquisa em ensino de corrosão, iniciada com este trabalho, poderia continuar, com as seguintes vertentes:

- junto aos professores de química básica para os cursos de engenharia, investigar sobre qual é sua visão dessa disciplina nesse curso, como se pensa a seleção do conteúdo, o que lhes é solicitado por parte da universidade;

- junto aos alunos ingressantes e formandos, pesquisar sobre a importância que atribuem a uma disciplina de química no seu currículo de engenharia;

- comparar os dados obtidos nos itens anteriores e estabelecer um diagnóstico da disciplina de química nos cursos de engenharia; este diagnóstico talvez reforçasse o que foi levantado neste trabalho a respeito das dificuldades encontradas pelos alunos com respeito à aprendizagem de corrosão.

Nesta dissertação, trabalhou-se com a opinião de alunos formados, na pessoa dos representantes de empresa; poderiam ser investigadas, ainda, as opiniões dos alunos *enquanto cursam* a disciplina de corrosão e avaliar a aceitação do assunto por eles.

Foi abordada a questão do “descompromisso pedagógico” por parte da maioria dos professores universitários; pensamos que observações interessantes poderiam ser obtidas pela coleta de opiniões desses professores sobre a “pedagogia” na sua disciplina: como é vista, como é avaliada, como são preparadas as aulas, etc.

Queremos ressaltar que todas as opiniões apresentadas são passíveis de críticas e sugestões. Não se pretendeu, nesta pesquisa, esgotar o tema; antes disso, nosso objetivo maior foi trazer à tona a questão do ensino de corrosão no Brasil e procurar, com isso, gerar novos debates e discussões sobre o assunto.

Referências bibliográficas

- AGOSTINHO, S. M. L. , et al. *O transporte de massa em estudos de corrosão*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO, 18, INTERNATIONAL MEETING ON CORROSION SCIENCE & CONTROL TECHNOLOGIES, 1995, Rio de Janeiro. *Resumos dos trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro: ABRACO, 1995. p. 28.
- AIKENHEAD, G. S. *High school graduates' beliefs about science - technology - society. III. Characteristics and limitations of scientific knowledge*. Science Education, v. 71, n. 4, p. 459-487. Mar. 1987.
- ALKIRE, R. C. *Electrochemical engineering*. J. Chem. Educ., v. 60, n. 4, p. 274-276, Apr. 1983.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977. 226 p.
- BARRET, F. *Magus: tratado completo de alquimia e filosofia oculta*. São Paulo: Mercuryo, 1994 (reprodução do original de 1801). p. 76-85.
- BELTRAN, N. O. , CISCATO, C. A. M. *Química*. São Paulo: Cortez, 1991. p. 30-34.
- BURLAND, C. A. *The arts of the alchemists*. London: Weidenfeld and Nicholson, 1967. p. 4-19.
- CABRAL, E. R. *The corrosionists and the scientific and technical information*. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CORROSÃO METÁLICA, 7, 1978, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABRACO, 1978. p. 2027-2048.
- CASTRO, Sérgio. *As novas armas contra a corrosão*. São Paulo, n.26, p. 66-67, set. 1993.
- CELDRÁN, R. , GONZALO, P. *A demonstration of corrosion by differential aeration*. J. Chem. Educ., v. 65, n. 2, p. 156-158, Feb. 1988.
- CELDRÁN, R. , GONZALO, P. *How dangerous can localized corrosion be?* J. Chem. Educ.,v. 65, n. 8, p. 730-731, Aug. 1988.
- CHAMPION, F.A. *Corrosion Testing Procedures*. London: Chapman and Hall, 1964. 468 p.

- CHANDLER, K.A. *Department of Industry. Corrosion Education and Training Working Party.* Br. Corros. J., v. 16, n. 3, p. 101, Mar. 1978.
- CHASSOT, A. *A ciência através dos tempos.* São Paulo: Moderna, 1995, 191 p.
- CHAVES, J. P., OLIVEIRA, P. C. A. *Computação gráfica aplicada ao ensino de corrosão.* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO, 18, INTERNATIONAL MEETING ON CORROSION SCIENCE & CONTROL TECHNOLOGIES, 1995, Rio de Janeiro. *Resumos dos trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro: ABRACO, 1995. p. 29.
- DE PAOLI, E. *O poder curativo dos metais.* Lisboa: Edições 70, 1987. 127 p.
- DUTRA, A. C., NUNES, L. P. *Proteção catódica: técnica de combate à corrosão.* Rio de Janeiro: McKlausen, 1991. p. 2-15.
- EDELEANU, C. *Corrosion Information: the engineer's need.* Br. Corros. J., v. 20, n. 3, p. 101-103, Mar. 1985.
- FAZENDA, I. (Org.) et al. *Metodologia da pesquisa educacional.* São Paulo: Cortez, 1989. 143 p. (Biblioteca da educação. Série 1. Escola; v.11).
- FERRARO JÚNIOR, Denerval. *Tintas contra a corrosão mantêm o equilíbrio.* Química e derivados, São Paulo, n.261, p. 36-44, abr. 1989.
- FONTANA, M. G. , GREENE, N. D. *Corrosion engineering.* New York: Mc Graw-Hill, 1978. 465 p.
- FRANÇA, J. L. *Manual para normalização de publicações técnico-científicas.* 3. ed. rev. e aum. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996. 194 p. (Coleção APRENDER).
- GAYLARDE, C. C. *Corrosão microbiana.* Ciência Hoje, São Paulo, v. 15, n. 87, p. 60-62. jan./fev. 1993.
- GENTIL, V. *Corrosão.* 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1996. cap. 1.
- GODOY, A. S. *Didática para o ensino superior.* São Paulo: Iglu, 1988.131 p.
- HELENE, P. R. , OLIVEIRA, P. S. F. *Recuperação de estruturas de concreto com armaduras corroídas - novas alternativas.* 8 p. Separata de REVISTA DE ENGENHARIA n. 470, [s.l.], [s.n.], 1988.

- HOLMYARD, E. J. *Alchemy*. New York: Dover, 1957. p. 60-104.
- HUTIN, S. *A alquimia*. São Paulo: Moraes, 1991. cap. 2.
- KAUFFMAN, G. B. *A modified thermit lecture demonstration* J. Chem. Educ., v. 58, n.10, p. 802 Oct.. 1981.
- KAWAMURA, L. *Tecnologia e política na sociedade*. São Paulo: Brasiliense, 1986. 164p.
- LEACH, J. S. L. *The education work of the European Federation of Corrosion and some other bodies in Europe*. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CORROSÃO METÁLICA, 7, 1978, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABRACO, 1978. p. 2049-2057.
- LEVY, A. V. *Erosion and erosion - corrosion of metals*. Corrosion, v. 51, n. 11, p. 872-883, Nov. 1995.
- LÜDKE, M. , ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986. Cap. 3.
- LUTFI, M. *Os ferrados e os cromados*. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1992. 256 p.
- MAINIER, F. B., MATA, S. F. *Uma visão dos processos corrosivos no cotidiano*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO, 18, INTERNATIONAL MEETING ON CORROSION SCIENCE & CONTROL TECHNOLOGIES, 1995, Rio de Janeiro. *Resumos dos trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro: ABRACO, 1995. p. 28.
- MATTSSON, E. *Department of EFC "Committee on Information and Documentatios in the field of corrosion*. Br. Corros. J., v. 16, n. 3, p. 125-131, Mar. 1981.
- MITCHENER, C. P., ANDERSON, R. D. *Teachers' perspective: developing and implementing an STS curriculum*. Journal of Research in Science Teaching, v. 26, n. 4, p. 351-369. Mar. 1989.
- MOREIRA, A. H. *Técnicas eletroquímicas no estudo de corrosão*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO, 18, INTERNATIONAL MEETING ON CORROSION SCIENCE & CONTROL TECHNOLOGIES, 1995, Rio de Janeiro. *Resumos dos trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro: ABRACO, 1995. p. 30.
- MOREIRA, M. A., SILVEIRA, F. L. *Instrumento de pesquisa em ensino e aprendizagem*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993. 104 p.

- OHBA, M., PANOSSIAN, Z. *Corrosão por aeração diferencial*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO, 18, INTERNATIONAL MEETING ON CORROSION SCIENCE & CONTROL TECHNOLOGIES, 1995, Rio de Janeiro. *Resumos dos trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro: ABRACO, 1995. p. 28.
- OLIVEIRA, P. C. A., BERTAZZOLI, R. *Estudo do ensino atual de corrosão no Brasil - região do Estado de São Paulo*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO, 18, INTERNATIONAL MEETING ON CORROSION SCIENCE & CONTROL TECHNOLOGIES, 1995, Rio de Janeiro. *Resumos dos trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro: ABRACO, 1995. p. 30.
- PANOSSIAN, Z. *Corrosão gráfitica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO, 18, INTERNATIONAL MEETING ON CORROSION SCIENCE & CONTROL TECHNOLOGIES, 1995, Rio de Janeiro. *Resumos dos trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro: ABRACO, 1995. p. 30.
- PANOSSIAN, Z. *Corrosão e proteção contra a corrosão em equipamentos e estruturas metálicas*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas., 1993. 2 v.
- PANOSSIAN, Z. *Polarização sob o ponto de vista termodinâmico*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO, 18, INTERNATIONAL MEETING ON CORROSION SCIENCE & CONTROL TECHNOLOGIES, 1995, Rio de Janeiro. *Resumos dos trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro: ABRACO, 1995. p. 31.
- PAULING, L. *Como viver mais e melhor*. São Paulo: Círculo do Livro, 1986. 400 p.
- PHILLIPS, B. S. *Pesquisa Social*. Rio de Janeiro: Agir, 1974.
- POURBAIX, M. *Lecciones de corrosion electroquímica*. 3. ed. Madri: Instituto Español de Corrosión y Protección, 1987.
- POWER, G. P. RITCHIE, I. M. *Mixed potentials: experimental illustration of an important concept in practical electrochemistry*. J. Chem. Educ., v. 60, n.12, p. 1022-1026, Dec.1983.
- RAMANATHAN, L. V. *Corrosão e seu controle*. São Paulo: Hemus, [s.d.] 342 p.
- ROBERTS, R. M. *Descobertas acidentais em ciências*. Campinas, SP: Papyrus, 1993. p. 35-37.

- ROMERO, F. B. *Estudo cinético da influência de surfactantes na corrosão metálica em meio aquoso*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORROSÃO, 18, INTERNATIONAL MEETING ON CORROSION SCIENCE & CONTROL TECHNOLOGIES, 1995, Rio de Janeiro. *Resumos dos trabalhos apresentados...* Rio de Janeiro: ABRACO, 1995. p. 29.
- SANTOS, W. L. P. *O ensino de química para formar o cidadão: principais características para a sua implantação na escola secundária brasileira*. Campinas: FE, Unicamp, 1992. cap. IV. (Dissertação, Mestrado em Metodologia de Ensino)
- SATO, Norio. *Toward a more fundamental understanding of corrosion processes*. *Corrosion*, v. 45, n. 5, p. 354-368, May, 1989.
- SEMINÁRIO SOBRE CORROSÃO NORTE E NORDESTE, 1, 1995, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Fundação núcleo de Tecnologia Industrial - NUTEC, 1995. 194 p.
- SNOW, H. A. Et al. *The role of the technical and trade*. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CORROSÃO METÁLICA, 7, 1978, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABRACO, 1978. p. 2023-2026.
- SPEARS, S. G. et al. *Acid pickling with amines. An experiment in applied chemistry for high school or freshman chemistry*. *J. Chem. Educ.*, v. 65, n. 5, p. 457-459, May, 1988.
- TRETHEWEY, K. R., CHAMBERLAIN, J. *Corrosion for students of science and engineering*. New York: Longman, 1988. 382 p.
- UHLIG, H. H. *Corrosion and corrosion control*. New York: John Wiley & Sons, 1963. 393 p.
- UHLIG, H. H. *The corrosion handbook*. New York: John Wiley & Sons, 1948. 1188 p.
- VANIN, J. A. *Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro*. São Paulo: Moderna, 1994, 95 p.
- WALKER, R. *The corrosion and preservation of iron antiques*. *J. Chem. Educ.*, v. 59, n.11, p. 943-947, Nov. 1982.

ANEXOS

ANEXO A - RELAÇÃO DE UNIDADES DE REGISTRO QUE DERAM ORIGEM AO TEMA 2: A IMPORTÂNCIA DA FORMAÇÃO EM CORROSÃO NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO

Unidades de registro¹

A corrosão é muito importante em todas as áreas da indústria.

O segundo cálculo mais importante em seleção de materiais, além da resistência mecânica, é o da resistência à corrosão.

Um programa básico em corrosão teria sido extraordinário.

Não se pode imaginar um engenheiro sem conhecimento de corrosão.

Tive que aprender na prática.

Um profissional de engenharia não pode sair para o mercado sem conhecer corrosão.

É preciso disseminar mais o conhecimento de corrosão.

Qualquer profissional de engenharia vai se deparar com problemas de corrosão.

Já erramos muito aqui por falta de conhecimento de corrosão.

¹ Conforme a sistemática descrita no capítulo 3, as unidades de registro afins deram origem a cada uma das categorias, discutidas como “temas”. Em alguns casos, como no tema 2, houve o aparecimento de muitas unidades de registro absolutamente idênticas; optamos por não repeti-las nas relações apresentadas, de modo a não tornar a leitura cansativa. Isso explica a diferença entre o número de UR’s em cada relação e o número de entrevistados.

ANEXO B - OBSERVAÇÕES QUE LEVARAM À DISCUSSÃO DO TEMA 3: O ENSINO ATUAL DE CORROSÃO NOS DIVERSOS CURSOS

- Como disciplina específica

<i>universidade</i>	<i>curso(s)</i>	<i>obrigatória</i>	<i>duração (semestre)</i>	<i>nº de créditos</i>	<i>aulas práticas</i>
UFRJ	Eng. Química	não	1	6	sim
UFRS	Eng. Química	sim	1	6	sim
	Eng. Mecânica				
UFSCar	Eng. de Materiais	sim	1	4	não
UNICAMP	Eng. Química	sim	1	4	não
	Eng. Mecânica	não	1	2	não
USP	Eng. Metalúrgica	sim	1	4	não
	Eng. Química	sim	1	3	não

- conteúdo distribuído em disciplinas afins²

Universidade	Curso(s)	Disciplina(s)
Fed. Fluminense		
UFC	Eng. Química	Físico-Química
UFMG	Eng. Mecânica	Seleção de Materiais
UFOP	Química	Eletroquímica
UFPR		
USP		

² Esta tabela não apresenta correspondência direta entre as linhas; pretendeu-se mostrar que, naquelas universidades, o ensino de corrosão está inserido nos cursos citados, em uma ou mais das disciplinas apresentadas.

ANEXO C - RELAÇÃO DE UNIDADES DE REGISTRO QUE DERAM ORIGEM AO TEMA 4: PRINCIPAIS DIFICULDADES APRESENTADAS PELOS ALUNOS NO ESTUDO DA CORROSÃO

Unidades de registro

Os alunos têm pouca noção de química, porque é um curso de engenharia.

Falta de familiaridade com as técnicas de instrumentação utilizadas nas aulas práticas.

Convencer um aluno de engenharia que corrosão é importante não é tão fácil.

Eletroquímica, de maneira geral.

O aluno de apavora quando se fala em eletroquímica.

Eletroquímica e física do estado sólido.

As pessoas pensam que sabem, que corrosão é só ferrugem e não dão a devida importância.

Faltam entenderem de materiais.

O aluno não tem consciência da abrangência do trabalho.

Termodinâmica e estrutura dos materiais.

O aluno tem os pré - requisitos teóricos, mas não se lembra mais.

Aulas muito teóricas e eletroquímica.

Técnicas eletroquímicas.

Tentar entender como acontece a corrosão, os conceitos químicos.

A atuação química da corrosão, o movimento dos íons, proteção catódica, anódica.

Olhar o material corroído e identificar o mecanismo.

Como minha formação foi em química, minha dificuldade foi na parte de materiais.

Transpor para um caso prático todas as informações teóricas recebidas.

A parte de eletroquímica, interpretar os fenômenos.

Os pré - requisitos de química: embora tenham feito a disciplina de química, não têm tido bom aproveitamento.

Os alunos não vêm com um processo de acumulação de conhecimento, porque a carga horária é muito grande e não têm tempo de refletir sobre o que foi ensinado.

Os alunos não têm tempo de sedimentar o conteúdo.

Termodinâmica, potencial de eletrodo.

Os alunos trazem os conhecimentos compartimentados e não conseguem correlacioná-los.

Eletroquímica: tamanho da dupla camada elétrica, camada de difusão, idéia de anodo e catodo, potencial de equilíbrio.

O aluno de engenharia acha que eletroquímica é coisa de químico.

É preciso fazer (ou fazer mais) correlações entre teoria e prática.

O professor de corrosão deve ter experiência prática, não só acadêmica.

Exames de peças e slides em aula são importantes.

Estudos de casos práticos de corrosão ajudam o aluno a fixar melhor os conceitos.

ANEXO D - RELAÇÃO DE UNIDADES DE REGISTRO QUE DERAM ORIGEM AO TEMA 5: OS REFLEXOS DA FORMAÇÃO NO CAMPO DE TRABALHO

Unidades de registro: o profissional de corrosão de hoje conhece corrosão?

Agora está melhorando, a conscientização está maior.

Algumas empresas já procuram por mais cursos, mas ainda é pouco.

Por causa da crise econômica, a procura diminuiu.

A procura diminuiu, mas a consciência está maior.

Muita gente limitada ao conhecimento do seu problema.

Ainda existe muito empirismo.

Está existindo um nível maior de conscientização.

Nos congressos, tem trabalho de nível muito elevado.

Vê-se trabalhos de todo tipo, desde muito acadêmicos, até estritamente comerciais.

Hoje, a sociedade corrosionista do Brasil está no mesmo nível do pessoal da NACE e da Europa.

Seria desejável que os profissionais soubessem mais.

O grupo de pessoas bem formadas é bem reduzido.

Ou o pessoal não está bem formado ou omite informações.

Tem gente muito boa, mas falta disseminação de informações, uma visão do universo da corrosão.

Há indústrias de grande porte que são mais conscientes, com pessoal mais treinado.

A participação em cursos caiu muito nos últimos tempos.

Muitas indústrias não divulgam seus trabalhos.

Tem casos de pessoas muito bem informadas e outras não.

O pessoal não tem noção nenhuma de pintura anticorrosiva.

Para muitos, o assunto corrosão parece complicado.

Falta apoio financeiro para as instituições.

Há pessoas muito motivadas.

Existe dificuldade em nível de notação.

Falta integração entre indústrias e universidade.

A indústria resolve muitos problemas empiricamente.

São bem formados na teoria, mas não na prática.

As pessoas acham que existe “fórmula mágica” para resolver os problemas de corrosão.

Tem mais profissionais preocupados com corrosão hoje em dia.

O setor industrial apresenta uma demanda de formação em corrosão.

Tenho visto 90% dos casos de corrosão como devidos à deficiência na formação.

A empresa se interessa por cursos, desde que não atrapalhe suas atividades normais.

A indústria se restringe a resolver casos imediatos.

Existem atitudes individuais de profissionais que querem aprender mais.

O pessoal da indústria, pela falta de informações, tenta soluções paliativas.

É um ramo no Brasil onde não se tem formação ainda.

A indústria é muito imediatista.

(continuação do ANEXO D)

Unidades de registro: os cursos de curta duração.

Alguns têm qualidade.

A população desses cursos é muito heterogênea.

Servem para dar uma cutucada no pessoal.

Dão uma base bem razoável, mas devem ser encarados como informativos, apenas.

Os cursos dessa natureza não formam ninguém.

São ótimos; prestam-se muito às empresas, porque são fechados.

Chamam a atenção para o problema, mas não formam.

São válidos, porque ressaltam a importância da corrosão.

Forma de ganhar dinheiro fácil e divulgar nomes de consultorias.

O profissional aprende a valorizar seus problemas de corrosão.

São válidos; têm objetivos informativos e não formativos.

São muito rápidos; não dá para ensinar bem.

Servem como alerta.

Sou contra porque são muito rápidos e a população é muito heterogênea.

As microempresas não participam por causa de custos.

Não são eficientes, seria melhor procurarem cursos mais específicos.

São cursos totalmente desatualizados.

A população é totalmente heterogênea.

É melhor um curso “in company”, com público específico.

É só um chamariz para falar que existe corrosão.

São cursos necessários, porque tem gente que trabalha com corrosão e veio de áreas totalmente diferentes.

São “cursos de prateleira”, mas é sempre conhecimento a mais.

ANEXO E - RELAÇÃO DE UNIDADES DE REGISTRO QUE DERAM ORIGEM AO TEMA 6: CORROSÃO: DISCIPLINA OBRIGATÓRIA?

Unidades de registro

Sim; para engenharia de materiais e metalúrgica nem se fala.

Sim; tanto para Química como para engenharia Química, porque se vê corrosão nos mais diversos materiais.

Pelo menos nas engenharias Química e Mecânica.

Não deve ser obrigatória para todo mundo.

Não, cursos mais especializados devem ser na pós.

Imprescindível até na Engenharia Civil.

Sim; isso não seria especificar, porque são conceitos básicos.

Não só corrosão, mas também, tratamento de superfícies.

Comentário em reunião da ABRACO sobre a falta do ensino de corrosão na graduação.

Deveria ser obrigatório em Química, Engenharia Química, Mecânica, Civil e Elétrica.

A disciplina de corrosão na graduação teria ajudado muito na atividade que desenvolve hoje.

Sim, porque corrosão está mais em voga hoje, com a ISO 14000.

Talvez não obrigatoriamente, mas o profissional deve estar mais informado quanto à corrosão.

O profissional de engenharia não pode sair para o mercado sem saber corrosão.

Muitos erros foram cometidos por falta de conhecimento.

Talvez não numa disciplina específica, mas uma revisão das disciplinas de ciências dos materiais.

Sim; não se pode imaginar um engenheiro sem conhecimento de corrosão.

Sim; corrosão e degradação de materiais poliméricos.

Para os cursos de Mecânica, Civil e Química deveria ser obrigatório.

Poderia ser uma disciplina de eletroquímica com corrosão embutida.

Não obrigatória, por causa da carga horária, mas como eletiva.

O objetivo da universidade é reforçar a formação básica do aluno; uma disciplina exclusiva específica de mais o curso.

Se discutirmos os conceitos básicos, não é necessário entrar em assuntos específicos.

Se o aluno tem uma visão geral, desenvolve-se sozinho.

Como o engenheiro vai atuar em várias áreas, uma disciplina específica pode ser totalmente inútil para um grupo e extremamente útil para um grupo muito menor.

A carga horária já é muito grande; com mais disciplinas, o aluno fica maluco!

Hoje, a tendência é condensar as disciplinas e analisar um assunto em diferentes momentos de diferentes disciplinas.

Não sei se obrigatória, mas pelo menos eletiva.

Não, os alunos já têm muito o que estudar.

Não, o desenvolvimento técnico é muito grande, a tendência é de mais disciplinas básicas do que aplicadas.

ANEXO F - RELAÇÃO DE UNIDADES DE REGISTRO QUE DERAM ORIGEM AO TEMA 7: COMO DEVERIA SER A FORMAÇÃO EM CORROSÃO?

Unidades de registro

É um fenômeno interdisciplinar; o aluno deve ter contato com certas técnicas e conhecimento sobre materiais.

O lado experimental deve ser visto, se possível, em conjunto com a teoria.

Princípios de eletroquímica, medida de potencial, camada elétrica, diferença ente termodinâmica e cinética, formas de corrosão, proteção.

Tecnologia, a parte elementar, eletroquímica e técnicas de proteção.

Fundamentos (eletroquímica), uma parte restritiva (metalurgia) e proteção.

Princípios de corrosão, corrosão eletroquímica e uma parte específica para cada curso.

Princípios, revisão de química e eletroquímica, palestras com profissionais da área.

Tem que abranger a parte de arquitetura e seleção de materiais.

Boas noções de proteção.

O aluno deve estudar também os métodos de proteção contra a corrosão.

Apresentar os problemas macroscópicos de cada setor.

Mostrar a situação atual dos problemas de corrosão.

Eletricidade e química, com bastante parte prática.

O curso deve ser voltado para a área de materiais.

Deve envolver uma parte de química, físico-química (eletroquímica) metalurgia e um pouco de microbiologia, com parte prática.

Não precisa de aula prática; a disciplina deve mostrar que corrosão existe, os mecanismos básicos e os métodos de proteção.

É possível tolerar um curso sem a parte prática.

Deveria abranger o conceito geral de corrosão, os principais tipos e a parte de proteção.

O aluno deve ver os pontos básicos e se especializar na indústria.

O professor deve ter trabalhado com corrosão.

O professor deve ter a visão comercial, para ensinar a escolher a melhor solução, tanto do ponto de vista técnico como econômico.

A corrosão deve ser estudada sob o ponto de vista eletroquímico e metalurgista.

Dividir corrosão em dois bloco: I - noções de metalurgia e química e II - como se trabalha hoje.

O ensino deve começar no terceiro ano ou até antes.

Aulas práticas seriam boas, mas há outras disciplinas que precisam de ênfase.

ANEXO G - RELAÇÃO DE UNIDADES DE REGISTRO QUE DERAM ORIGEM AO TEMA 8: O PERFIL DESEJADO PARA O PROFISSIONAL DE CORROSÃO

Unidades de registro

O profissional deve ter conhecimento em diferentes áreas no ramo da engenharia de corrosão.

A idéia do generalista é importante, porém é um trabalho de desenvolvimento de equipe.

Deve ter conhecimento sobre materiais e eletroquímica.

Deve ter noções de mecânica, eletricidade, química, economia, administração, informática e ambiente.

O profissional deve estar relacionado com a proteção contra a corrosão.

Deveria haver o engenheiro de pintura, o engenheiro de proteção catódica, etc., todos sabendo corrosão.

É difícil definir; o técnico em corrosão no Brasil é uma pessoa prática, com mais de quinze anos de experiência.

Na empresa, deve ter uma posição ligada à análise de falhas, para ter contato com a parte prática, além da teórica.

É uma questão difícil, porque o profissional de corrosão atua em várias áreas.

Deve ter sólida formação em química, principalmente eletroquímica e formação na área de metalurgia.

Deve ter vários perfis: o pessoal acadêmico deve ser apto e equipado para desenvolver teoria; na área técnica, deve entender de processos, saber como atuar usando tecnologia de mercado, entender de administração e até de parte jurídica.

Deve ter formação em eletroquímica e a parte de materiais.

O profissional deve ter a visão geral, saber quais os principais pólos que trabalham com corrosão, participar de congressos, ter conhecimentos de inglês e informática; precisa ter uma visão generalista de todas as áreas.

ANEXO H - RELAÇÃO DAS UNIVERSIDADES, INSTITUTOS DE PESQUISAS E EMPRESAS CONTACTADAS

Buckman Laboratórios Ltda. - Sumaré - S. P.
Cascadura Industrial S/A - São Paulo - S. P.
Centrais Elétricas de São Paulo - CESP - São Paulo - S. P.
Companhia de Gás de São Paulo - COMGÁS - São Paulo - São Paulo - S. P.
Companhia do Metropolitano de Fortaleza - METROFOR - Fortaleza - Ce.
Companhia do Metropolitano de São Paulo - METRO - São Paulo - S. P.
Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA - Cubatão - S. P.
COPPE - Rio de Janeiro - R. J.
Eletricidade de São Paulo - ELETROPAULO - São Paulo - S. P.
Instalações e Engenharia de Corrosão - IEC - Rio de Janeiro - R. J.
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN - São Paulo
Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT - São Paulo
Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL - Campinas - S. P.
Instituto Nacional de Metrologia - INMETRO - Rio de Janeiro - R. J.
Instituto Tecnológico da Aeronáutica - ITA - São José dos Campos - S. P.
Laboratório Central de Eletrotécnica e eletrônica - LAC - Curitiba - Pr.
Núcleo de Tecnologia Industrial - NUTEC - Fortaleza - Ce.
Rhodia S/A - Paulínia - S.P.
Sumaré Indústria Química S/A - Sumaré - S. P.
Telecomunicações Brasileiras S/A - TELEBRÁS - Campinas - S. P.
Telecomunicações de São Paulo - TELESP - S. P.
Tintas Rener S/A - Curitiba - Pr.
Tintas Rener S/A - Guarulhos - S. P.
Universidade de São Paulo - USP
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Universidade Federal de São Carlos
Universidade Federal do Ceará - Fortaleza - Ce.
Universidade Federal do Paraná - Curitiba - Pr.
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRS - Porto Alegre - R. S.
Universidade Federal Fluminense - Rio de Janeiro - R. J.