RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DE UM GALPÃO INDUSTRIAL EM ESTADO AVANÇADO DE CORROSÃO. ESTUDO DE CASO: GALPÃO DE PURIFICAÇÃO DO GÁS ACETILENO (WHITE MARTINS – DIADEMA/SP)

Martins, J.V.[1]

[1] Escola de Engenharia Mauá e ECOM Reparo Reforço Proteção Ltda., Graduando de Engenharia, Técnico em Edificações, e-mail: tecnico@ecomreparo.com.br

RESUMO

Em levantamento estatístico (Andrade, 1997) no Estado de Pernambuco, observou corrosão em 64% das incidências levantadas sendo superior a recalques, problemas estruturais e outras manifestações patológicas. Quando analisada segundo a gravidade e implicações na segurança estrutural essa margem aumenta significativamente.
Este trabalho apresenta um estudo de caso ocorrido entre 2011 e 2012, na planta fabril da empresa White Martins em Diadema – São Paulo. O gás acetileno durante a sua produção é submetido a um processo de purificação para a remoção de impurezas: fosfina, arsina, amônia e sulfeto de hidrogênio (gás sulfídrico); o que acentuou o processo de corrosão de elementos estruturais produzindo uma elevada preocupação em relação a estabilidade e segurança do galpão.
A liberação ao ambiente do galpão dos gases capturados durante o processo de filtragem do gás acetileno acelerou o processo corrosivo no sistema estrutural composto por vigas de apoio e terças em concreto armado para sustentação do telhado.
Como medida profilática foi aplicado um sistema de proteção à base de resinas epoxídicas após a estrutura ter sido recuperada, o sistema especificado proporciona a estrutura uma alta resistência química e mecânica (abrasão) e, portanto, aumentando substancialmente a sua vida útil com elevado desempenho.

Palavras chave: Corrosão; Gás Sulfídrico; segurança estrutural; sistema de proteção.

ABSTRACT

In statistical survey (Andrade, 1997) in the state of Pernambuco, observed corrosion in 64% of incidents being raised above repressions, structural problems and other pathological manifestations. When analyzed according to the severity and implications for structural safety that margin increases significantly.
This paper presents a case study between 2011 and 2012, the manufacturing plant of the company Praxair in Diadema - São Paulo. Acetylene gas during production is subjected to a purification process for removing impurities: phosphine, arsine, ammonia and hydrogen sulfide, accentuated the process of corrosion of structural elements produce a high concern for the stability and security of the shed.
The release of gases trapped in the shed environment during the filtering process of acetylene gas accelerated the corrosion process in the structural system comprising support beams and purlins of reinforced concrete to support the roof.
As a prophylactic measure a protection system based on epoxy resin was applied after the structure has been retrieved, the specified system provides the structure a high chemical and mechanical (abrasion) and thus substantially extending its service life with high performance.

Keywords: Corrosion, hydrogen sulfide; structural safety; protection system.

1. INTRODUÇÃO

A história do concreto armado no Brasil está inserida profundamente no desenvolvimento do país de tal forma que podemos dizer que sua utilização se tornou um sinônimo de construção para os brasileiros.

Os conhecimentos sobre este material que para os leigos é uma simples mistura de cimento, areia, pedra, água e barras de aço, foram consolidados através de grandes esforços de profissionais incumbidos a pesquisar e divulgar conceitos ainda pouco conhecidos na época, entre muitos pode-se citar: Ary Frederico Torres, Francisco de Assis Basílio, Prof. Telêmaco Hyppolito de Macedo Van Langendonck, Emilio Baumgart (o pai do concreto armado) e Gilberto Molinari. Com esses bravos brasileiros, pesquisadores, professores e pioneiros os projetos foram saindo do papel gradativamente e sendo literalmente concretizados. No início do século XX houve a criação do Laboratório de Ensaios de Materiais (LEM), da Escola Politécnica da USP, que se tornaria o atual Instituto de Pesquisas Tecnológicas, o IPT. Seus estudos permitiram as primeiras aparições do concreto armado em edifícios nos estados do Rio de Janeiro em 1904 e, em 1913 com a construção do Edifício Guinle em São Paulo. Na sequencia, a fundação da ABCP em 1936 e da ABNT em 1940, que estabeleceram as bases para um desenvolvimento seguro com as primeiras normas brasileiras, como: NB-1 “Projeto e Execução de Estruturas de Concreto” e a primeira especificação técnica EB-1 “Especificação de Cimento Portland”. Mais tarde, exatamente em 1972, foi criado o IBRACON, que passou a representar a partir de então o mais importante canal de divulgação e de transferência de tecnologia dos trabalhos sobre concreto no país.

Ainda que com todo este histórico o concreto continue em constante evolução e vive um momento especial com a descoberta da nanotecnologia e o desenvolvimento de aditivos de alto desempenho, novos cimentos, adições, fibras, pigmentos, soluções sustentáveis e materiais compósitos, em contra partida o desenvolvimento de materiais e metodologias para a manutenção dessas estruturas de concreto armado e o conhecimento das manifestações patológicas que as atingem não aconteceram na mesma velocidade, todavia, hoje está mais do que claro que devido a corrosão e outras manifestações patológicas as estruturas não são eternas.

Nesse artigo será abordada a manifestação de corrosão em elementos estruturais de um galpão industrial utilizado para o processo de purificação do gás acetileno, as causas dessas manifestações, bem como as medidas de recuperação da patologia apresentada e do processo de proteção de toda a estrutura como medida de profilaxia.

2. Durabilidade das Edificações

Como já citada na seção anterior a preocupação com as boas práticas na construção das edificações em prol de uma maior durabilidade demorou a se perpetuar no Brasil, essas diretrizes que hoje são encontradas com facilidade e ajudam na melhoria das normas e na transmissão desses conhecimentos ao setor construtivo só tiveram início na década de 1970 devido a explosão imobiliária ocorrida nas grandes cidades brasileiras a engenharia e os construtores da época abandonaram parâmetros importantes que devem ser avaliados durante o projeto e a execução de uma obra, além disso, em virtude da corrida contra o tempo, a utilização de mão de obra não qualificada coloca em xeque o desempenho a longo prazo dessas estruturas. Na tabela 1, se observa que a etapa de concepção do projeto deve ser mais cuidadosamente pensada pelos profissionais envolvidos. Nessa mesma linha de raciocínio em sua última revisão a NBR 6118:2007 (Projeto de Estrutura de concreto – Procedimento) que tem como complemento a NBR 12655:2006 (Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento) atribuiu novas classificações aos capítulos 6 e 7, por exemplo, classes de agressividade ambiental e a qualidade do concreto bem como a correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal, fazendo referência a medidas especiais de proteção que devem ser utilizadas quando se têm condições de exposições adversas.

Tabela 1: Análise percentual das causas de problemas patológicos em estruturas de concreto (SOUZA; RIPPER, 1998)

Fonte de pesquisa	Causas dos problemas patológicos em estruturas de concreto			
	Concepção de projeto	Materiais	Execução	Utilização e outras
Edward Grunau Paulo Helene (1992)	44	18	28	10
D.E Allen (Canadá, 1979)	55	49		
C.S.T.C (Bélgica) Vercosa (1991)	46	15	22	17
C.E.B. Boletim 157 (1982)	50	40		10
Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Alvares Penteado (Vercosa, 1991)	18	6	52	24
B.R.E.A.S. (Reino Unido, 1972)	58	12	35	11
Bureu Securitas (1972)	88			12
E.N.R. (U.S.A) (1968 –1978)	9	6	75	10
S.I.A. (Suíça, 1979)	46		44	10
Dov Kaminetzkv (1991)	51	40		16
Jean Blévot (França, 1974)	35		65	
L.E.M.I.T. (Venezuela, 1965-1975)	19	5	57	19

Atualmente, os conceitos para projetos de estruturas mais duráveis e a sua relação com o meio ambiente estão cada vez mais inseridos no meio técnico, conforme RIBEIRO (2014) devido às suas interações com o ambiente no qual estão expostas, as estruturas de concreto sofrem alterações que podem, com o passar do tempo, comprometer a sua estabilidade e a sua funcionalidade. E sem grandes receitas podemos alcançar os objetivos, segundo Helene (1993, *apud* RIBEIRO, 2014) a regra dos 4C's destaca exatamente os fatores decisivos para a durabilidade das estruturas: Composição ou traço do concreto, Compactação ou adensamento efetivo do concreto a estrutura, Cura efetiva do concreto na estrutura e Cobrimento ou espessura do concreto de cobrimento das armaduras.

Assim, as estruturas devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e, quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conserve sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à vida útil.

2.1 Patologias em estruturas de concreto armado

O termo patologia, derivado do grego pathos = doença e logia = estudo, é muito utilizado na medicina clínica, porém as estruturas de concreto armado em muito se assemelham ao corpo humano tamanha a sua complexidade. Assim como existem médicos para as mais diversas especialidades, para as patologias do concreto armado não deve ser diferente e, portanto, no ritmo que o número de estruturas cresce como uma função exponencial, o número de especialistas precisa acompanhá-los. Ao longo dos anos as patologias, sejam elas por erros na concepção do projeto, execução, materiais ou na utilização, vêm sendo desmistificadas e permitindo uma maior vida útil às estruturas. Referente à normatização brasileira na NBR 6118:2007, os mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto são: a) lixiviação: por ação pura, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carreiam os compostos hidratados da pasta de cimento; b) expansão por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado; c) expansão por ação das reações entre álcalis do cimento e certos agregados reativos; d) reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica. Além de demonstrar os mecanismos de deterioração relativos à armadura, que são a despassivação por carbonatação, ou seja, por ação do gás carbônico da atmosfera e a despassivação por elevado teor de íons cloreto.

Importantes manifestações patológicas mostradas na figura 1 também devem ser citadas: delaminação devido a impacto mecânico, deterioração por ataque químico, abalos causados por terremotos e incêndios, fissuras e trincas, desgaste por abrasão, desgaste por cavitação, deformações devido a sobrecarga, desplacamento por vibração, ação do gelo e degelo e outras.

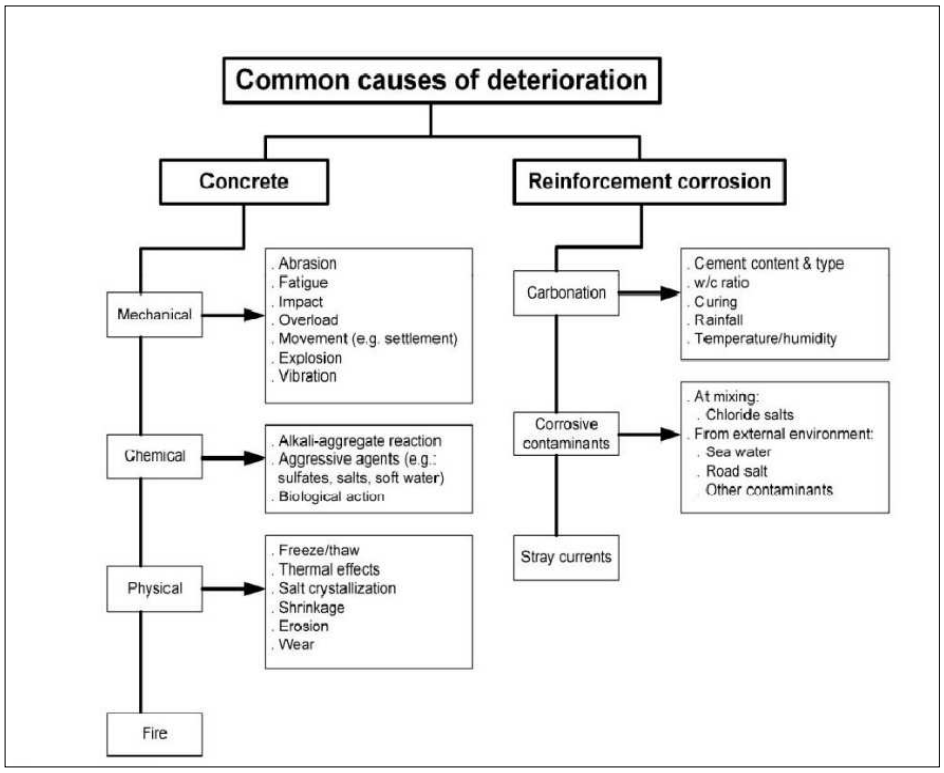

Figura 1: Causas comuns de deterioração do concreto armado (Fonte: EN 1504-9)

2.2 O processo corrosivo

Corrosão pode ser entendida como a interação destrutiva de um material com o meio ambiente, como resultado de reações deletérias de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não as ações físicas ou mecânicas de deterioração. No caso de armaduras em concreto, os efeitos degenerativos manifestam-se na forma de manchas superficiais causadas pelos produtos de corrosão, seguidas por fissuras, destacamento do concreto de cobrimento, redução da seção resistente das armaduras com frequente seccionamento de estribos, redução e eventual perda de aderência das armaduras principais, ou seja, deteriorações que levam a um comprometimento da segurança estrutural ao longo do tempo, por definição de HELENE (1999, apud RIBEIRO; CUNHA, 2014).

O processo da corrosão da armadura é uma manifestação específica da corrosão eletroquímica em meio aquoso, se bem que o eletrólito confinado a uma rede de poros existentes no concreto possui resistividade elétrica bem mais elevada do que a verificada nos eletrólitos típicos ou comuns. Daí o processo da corrosão do aço no concreto só se desenvolver em presença de água ou ambiente com umidade relativa elevada (UR > 60%). Não há corrosão em concretos secos (ausência de eletrólito) e tampouco em concreto totalmente saturado, em razão de não haver suficiente acesso ao oxigênio.

Na situação estudada a corrosão foi acelerada por agentes agressivos adsorvidos pelo concreto, entre eles podem-se citar o gás sulfídrico (H_2S), o cátion amônio, a fosfina e a arsina que são impurezas captadas no processo de filtragem do gás acetileno. Os agentes agressivos não permitem a formação ou quebram a película já existente de passivação do aço, acelerando a corrosão e atuando como catalisadores.



Figura 2: Corrosão verificada em elementos estruturais (pilares e vigas), onde podemos verificar o baixo cobrimento nominal (FONTE: ECOM Reparo)

O gás sulfídrico bastante conhecido pelos elementos que promovem a coleta, transporte e tratamento de esgoto, pois além do seu cheiro desagradável de ovo podre produz uma severa deterioração das estruturas de concreto armado. Processo de deterioração descrito por HELENE (1996) ao se depositar na superfície do concreto o H_2S se oxida gerando o ácido sulfúrico, H_2SO_4, mostrada na equação 1, o qual reage com os compostos hidratados do cimento, desencadeando reações químicas que alteram negativamente as propriedades do concreto armado, uma das reações transforma o hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$ do concreto em gesso, $CaSO_4.2H_20$, que em baixas concentrações de ácido tende a selar os poros oferecendo um certo grau de proteção até podendo aumentar a resistência a compressão do concreto de cimento Portland. Entretanto, de acordo com Neville (1997, apud FERREIRA; ALMEIDA, 2010) o sulfato de cálcio hidratado, gesso, ao reagir com a fase aluminato tricálcico, C_3A, presente no cimento, forma cristas de sulfoaluminato hidratado de cálcio, $3CaO.Al_2O_3.CaSO_4.32H_2O$, a etringita, que além de causar desagregação e fissuração, ocorre a perda de resistência mecânica decorrente da falta de coesão entre a pasta de cimento e as partículas do agregado.

$$\boldsymbol{H_2S + 2O_2 \rightarrow H_2SO_4} \quad \text{(Equação 1)}$$

O H_2S é um precursor da formação do ácido sulfúrico (H_2SO_4), que causa a destruição de metal, substratos de concreto e vários outros dentro dos sistemas construtivos, causando o que é chamado de corrosão biogênica sulfúrica, também referida como corrosão microbiológica nas estruturas de saneamento, como diz Huttl (s/ data, apud AGUIAR, 2012).

Ainda sobre esse processo, conforme cita Nielsen et al. (2008, apud AGUIAR, 2012) a geração de ácido sulfúrico, que é bastante agressivo ao concreto, dando-se um ataque de ácidos de sulfatos, que vai provocar uma rápida degradação, com velocidades de ataque na ordem de 5 a 10 mm ao ano.

3. METODOLOGIA

3.1 Objeto da Pesquisa

O galpão objeto deste artigo localiza-se dentro da unidade fabril da White Martins sito à Avenida Casa Grande, 2422, Bairro Casa Grande – Diadema/SP. A sua estrutura é composta por 16 pilares, sendo dois eixos de oito pilares cada, intertravados através de vigas

longitudinais, conforme panorama geral da estrutura demonstrado pela figura 2. A continuidade dos pilares formando uma estrutura típica de pórtico se encontra no vértice do telhado enquanto as terças de apoio das telhas de fibrocimento possuem formato esbelto, fator que acelerou o processo de corrosão de sua armadura devido ao pequeno cobrimento verificado visualmente, cobrimento este abaixo do indicado na NBR 6118/2007. Este galpão sendo responsável pelo processo de purificação durante a produção do gás acetileno recebeu um preocupação especial desde a sua concepção para que o mesmo tivesse um bom sistema de ventilação, o que foi inicialmente solucionado com as suas laterais projetadas abertas, apenas com a colocação de elementos vazados, porém ainda vendo a necessidade da liberação das impurezas extraídas durante o processo, aproximadamente no ano de 2006 foram instalados exaustores eólicos no telhado do galpão.



Figura 3: Visão geral da estrutura do galpão em estudo (Fonte: ECOM REPARO)

3.1.1 Processo de obtenção do gás acetileno

Segundo CABRAL (2006) o acetileno quando está puro é um gás incolor e inodoro, obtido através de uma reação química de carbureto de cálcio (CaC_2) com a água (H_2O), esse processo tem início num gerador de acetileno onde o carbureto é dissolvido em água e

imediatamente começa a gerá-lo úmido e impuro, este é enviado a um sistema de purificação para a retirada de todas as impurezas, tais como: arsina ou hidreto de arsênio (AsH_3), sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico (H_2S) e amônia. Após a sua purificação é conduzido a um decantador para eliminação dos demais resíduos. Quando puro é comprimido e levado a um secador para retirada de toda umidade, posteriormente o gás é levado a uma estação de enchimento composta de cilindros enchidos simultaneamente, sendo resfriados para prevenção de acidentes.

O processo de fabrico é demonstrado pelo fluxograma abaixo:

Geração

↓

Secagem → Purificação → Lavagem do gás

↓

Compressão → Enchimento dos Cilindros

3.2 Técnicas de recuperação e procedimento profilático

Manutenção estrutural que segundo o British Standards 3811 (1984 *apud* SOUZA; RIPPER, 1998) é a combinação de todas as ações de caráter técnico e/ou administrativo que tenham por fim garantir ou estabelecer, para uma determinada estrutura, as condições necessárias para que esta desempenhe adequadamente as funções para as quais foi concebida. As técnicas e procedimentos atribuídos neste estudo de caso e que serão apresentados neste item objetivaram reeditar as condições iniciais da estrutura, além de produzir uma maior proteção a penetração dos agentes agressores.

O procedimento de recuperação estrutural usando como base ZIMMERMANN (2006) foi iniciado através da delimitação das áreas afetadas pela corrosão das armaduras com equipamento elétrico tipo serra mármore, procedido da remoção de espessura de concreto suficiente para ter acesso a parte posterior da armação. O tratamento das armaduras sem perda significativa de seção foi realizado com argamassa cimentícia polimérica, pré-dosada, com inibidor de corrosão que possui ótima aderência e aplicação através de pintura das armaduras na região dos reparos (Sikatop 108 Armatec), já nas áreas que houve seccionamento ou perda superior a 20% da seção original de estribos ou barras principais, mostrado na figura 3, foi

realizada a troca do trecho da armadura deteriorada através de ancoragem com sistema epóxi estrutural (Sikadur Anchorfix 4), ambos os reparos foram recompostos com argamassa cimentícia, polimérica, com fibras sintéticas (SikaMonoTop 622 BR).



Figura 4: Procedimento de recuperação estrutural sendo executado nas terças e tesouras do galpão (FONTE: Ecom Reparo)

Por fim, para que o sistema de reparo estivesse completo, foi aplicado inibidor de corrosão impregnante (Sika FerroGard 903) nas áreas adjacentes aos reparos executados. Esse mecanismo é possível devido ao transporte por meio poroso do concreto por difusão que é a transferência de massa por movimento aleatório de moléculas ou íons na solução dos poros desde as regiões com altas concentrações até regiões com baixas concentrações da substância que difunde, como diz AGUIAR (2006). Este inibidor atende o princípio 11 da norma EN 1504-9 método 11.3 (aplicação de inibidor no concreto) e forma uma camada monomolecular protetora na superfície do aço agindo com duplo efeito atrasando o início da corrosão e diminuindo a velocidade com que esta deteriora o aço. Testes experimentais mostraram que Sika Ferrogard 903+ pode penetrar no concreto em uma taxa de alguns milímetros por dia e numa profundidade de aproximadamente 25 a 40 mm em 1 mês, esta taxa de penetração pode

ser maior ou menor dependendo da porosidade do concreto, informações retiradas da ficha técnica do produto (SIKA BRASIL).



Figura 5: Estado de corrosão avançado das terças de concreto armado, com perda total de seção do aço (Fonte: ECOM REPARO)

O termo profilaxia, de origem grega, remete a ações de precaução ou prevenção, foi exatamente o que a equipe técnica da empresa executante (ECOM Reparo Reforço Proteção) junto aos consultores técnicos da SIKA Brasil ponderou para definir a melhor solução de proteção a estrutura do galpão, frente a um ambiente altamente agressivo e a deficiência de cobrimento das armaduras, para esse desafio com o advento das modernas tecnologias de epóxis para revestimento protetivo que é uma forma eficiente de aumentar a vida útil de uma estrutura, protegendo-a de diferentes tipos de desgastes, com a abrasão, ataque químico e variações de temperatura. Atendendo os princípios e métodos definidos na Norma Europeia EM 1504-9 o material utilizado foi o Sikacor 277, resina epóxi que promoveu alta resistência química e mecânica aos elementos estruturais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste artigo foi possível verificar a evolução da normatização brasileira, da preocupação técnica em utilizar parâmetros pré-definidos e da consequente melhoria em relação aos conhecimentos sobre as manifestações patológicas ocorridas no concreto armado e sob a busca de estruturas mais duráveis. Sendo importante uma visão sistêmica ao avaliar o processo corrosivo ou qualquer outra manifestação patológica, pois equivocados são os projetistas que ao almejar estruturas mais econômicas reduzindo o cobrimento nominal ou o consumo de cimento versam com estruturas de vida útil reduzida.

Este 1º Congresso Brasileiro de Patologia das Construções traz à tona importantes discussões como novos materiais, novas técnicas, a normatização de reparos, reforços, reabilitações e restaurações de estruturas de concreto. Só assim será encontrado o caminho correto para uma mentalidade madura dos profissionais brasileiros que desenvolverão projetos de boa concepção técnica e econômica contando com as peculiaridades de nossa sociedade, economia, recursos naturais, além de prever e programar inspeções e manutenções periódicas.

A respeito do estudo de caso exemplificado, para a química o gás acetileno é o hidrocarboneto que possui a mais simples estrutura molecular, C_2H_2, entretanto para as estruturas de concreto a sua produção se mostrou um grande inimigo invisível, os gases capturados ao longo do processo de filtragem e liberados ao ambiente do galpão produziram uma atmosfera insalubre para os elementos estruturais, comprovando a necessidade de um sistema completo e eficiente de reparo e proteção visando a sua maior durabilidade.

5. REFERÊNCIAS

AGUIAR, J. E. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do concreto armado a partir de estruturas duráveis.** 2006, 174 f. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006. (p. 71-73)

AGUIAR, J. E. **Estudo das Características Técnicas e Operacionais das Galerias de Águas Pluviais como Subsídios para Gestão Patrimonial e Estabelecimento de Diretrizes para Projetos de Sistemas de Drenagem Urbana.** Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012. (p. 29-30)

ANDRADE, J. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado: Análise das Manifestações Patológicas nas Estruturas no Estado de Pernambuco**. Dissertação

(Mestrado em Engenharia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1997. 148 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto – preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estrutura de concreto. Rio de Janeiro, 2007.

BLOG ADESIVO INDUSTRIAL. **Até onde os epóxis podem chegar?** – parte 1. Post periódico. n. 18. Disponível em: <www.blogadesivoindustrial.com.br/posts/18>. Acesso em 04 Fevereiro 2014.

CABRAL, R. L. **Estudo dos Riscos inerentes ao processo de oxicorte e oxisolda utilizando-se a mistura oxigênio/acetileno como matéria-prima aplicada ao processo**. 2006, 84 f. Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade de Pernambuco. Recife, 2006. (p. 14-18)

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 1504-9: Products and systems for the protection and repair of concrete structures – Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity – Part 9: General principles for the use of products and systems. 2008.

FERREIRA, O. P.; ALMEIDA, A. E. F. S. **Revestimentos poliméricos para proteção à corrosão bacteriológica do concreto**. Boletim Técnico. Disponível em: <www.anapre.org.br/Boletim_tecnico/imagens/boletim_ibracon.pdf>. Acesso em: 14 Fevereiro 2014.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado**. 3° reimpressão (fev. 96). São Paulo, PINI, IPT, 1986.

HELENE, P. R. L. **Responsabilidades para com o futuro**, São Paulo, 2006. Disponível em: <www.ibracon.org.br/news/index_futuro.htm>. Acesso em 22 Janeiro 2014.

LOTURCO, B. **Sinônimo de construção**, São Paulo, n. 137, 2008. Disponível em: <www.techne.pini.com.br/engenharia-civil/137/artigo287574-1.aspx>. Acesso em: 24 Janeiro 2014.

MARCELINO, N. W. **Durabilidade das estruturas de concreto armado,** Santa Catarina, 30 de Outubro de 2008. Disponível em: <www.crea-sc.org.br/portal/index>. Acesso em: 27 Janeiro 2014.

RIBEIRO, D. V., et al.. **Corrosão em estruturas de Concreto Armado:** Teoria, Controle e Métodos de Análise, São Paulo, Elsevier, 2014. (p. 38-39; 99-103)

SIKA S.A. – BRASIL. **Sistemas Sika para reparo e Proteção do concreto de acordo com a Norma Européia EN 1504.** Manuais Sika. Arquivos TV Sika. Disponível em: <www.tvsika.com.br/ManualSika/brochuras.swf>. Acesso em: 06 Fevereiro 2014.

SIKA S.A. – BRASIL. **Sika FerroGard 903+**. Ficha de Produtos – Sika Brasil. Disponível em:<bra.sika.com/PT/solutions_products/02/02a002/02a002sa51/02a002sa51100/02a002sa51101.html>. Acesso em 11 Fevereiro 2014.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**, São Paulo, 1998. (p. 23; 230)

ZIMMERMANN, C. C. **Aplicação de Metodologia para Levantamento e Diagnóstico de Manifestações Patológicas em Edificação e Propostas de Solução**. Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo, Setembro de 2006.