

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NO HOSPITAL DE CÂNCER DE PE

Alexandre Câmara Lima¹
alexandrecamaralima@gmail.com

Cleyton Roberto Bezerra dos Santos²
cleyton-bezerra@hotmail.com

Marília Marques Pessoa Bezerra³
mariliamarquespb@gmail.com

Tarciana Simoni Batista⁴
tarciana.simoni@outlook.com

Eliana Cristina Barreto Monteiro⁵
eliana@poli.br

Alberto Casado Lordsleem Júnior⁶
acasado@poli.br

ÁREA: PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES – ESTUDO DE CASO

Resumo

As construções da cidade de Recife, com ênfase nas edificações públicas, ainda não possuem uma cultura de inspeção e manutenção de suas estruturas. Devido a isto, este estudo de caso objetiva realizar o levantamento das manifestações patológicas existentes nas estruturas de concreto armado do Hospital do Câncer de Pernambuco (HCP), apontando quais as suas prováveis causas e origens, além de propôr métodos de recuperação. O HCP funciona integralmente pelo Sistema Único de Saúde (SUS), atendendo a pacientes de diversas origens, incluindo pacientes de outros países latino americanos, sendo referência por atender cerca de 55% dos pacientes oncológicos de todo o estado de Pernambuco. A metodologia utilizada neste estudo contou com uma vasta revisão bibliográfica sobre o tema, realização de inspeções e busca de informações com os funcionários do próprio hospital. Dentre as manifestações patológicas encontradas, a corrosão de armaduras, o deslocamento do concreto e a presença de bolores foram as anomalias com maior incidência, e, por isso, tornaram-se os focos de análise do presente estudo. No aspecto social, este trabalho propõe o diagnóstico, o prognóstico e soluções de reparo das manifestações patológicas encontradas a fim de melhorar as condições de atendimento e de estada dos pacientes, visitantes e funcionários.

Palavras-chave: Manifestação Patológica

Diagnóstico

Corrosão

¹ Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco – UPE

² Graduando em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco – UPE

³ Pós – Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco – UPE

⁴ Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco – UPE

⁵ Professora Associada da Universidade de Pernambuco – UPE

⁶ Professor Associado da Universidade de Pernambuco – UPE



MANIFESTACIONES PATOLÓGICAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO EN EL HOSPITAL DE CÁNCER DE PE

Alexandre Câmara Lima⁴
alexandrecamaralima@gmail.com

Cleyton Roberto Bezerra dos Santos⁵
cleyton-bezerra@hotmail.com

Marília Marques Pessoa Bezerra⁶
mariliamarquespb@gmail.com

Tarciana Simoni Batista⁴
tarciana.simoni@outlook.com

Eliana Cristina Barreto Monteiro⁵
eliana@poli.br

Alberto Casado Lordsleem Júnior⁶
acasado@poli.br

AREA: PATOLOGÍA DE LAS CONSTRUCCIONES

Resumen

Las construcciones de la ciudad de Recife, con énfasis en las edificaciones públicas, aún no poseen una cultura de inspección y mantenimiento de sus estructuras. Debido a esto, este estudio de caso objetiva realizar el levantamiento de las manifestaciones patológicas existentes en las estructuras de hormigón armado del Hospital del Cáncer de Pernambuco (HCP), apuntando cuáles sus probables causas y orígenes, y proponiendo los métodos de recuperación. El HCP funciona integralmente por el Sistema Único de Salud (SUS), atendiendo a pacientes de diversos orígenes, incluyendo pacientes de otros países latinoamericanos. Es referencia por atender en cierta de 55% de los pacientes oncológicos de todo el estado de Pernambuco. La metodología utilizada en el estudio contó con una vasta revisión bibliográfica sobre el tema, realización de inspecciones y por la búsqueda de información con los empleados del propio hospital. Entre las manifestaciones patológicas encontradas, la corrosión de armaduras, el desplome del hormigón y la presencia de mohos fueron las anomalías con más incidencia, debido a esto, se convirtieron en los focos de análisis del presente estudio. En el aspecto social, este trabajo propone el diagnóstico, el pronóstico y soluciones de reparación de las manifestaciones patológicas encontradas a fin de mejorar las condiciones de atención y de estancia de los pacientes, visitas y funcionarios.

Palabras clave: Manifestación Patológica
Diagnóstico
Corrosión

¹ *Maestría en Ingeniería Civil por la Universidade de Pernambuco – UPE*

² *Graduación en Ingeniería por la Universidade de Pernambuco – UPE*

³ *Postgrado en Ingeniería Civil por la Universidade de Pernambuco – UPE*

⁴ *Maestría en Ingeniería Civil por la Universidade de Pernambuco – UPE*

⁵ *Profesora asociada de la Universidade de Pernambuco – UPE*

⁶ *Profesor asociado de la Universidade de Pernambuco – UPE*

1. Introdução

O concreto é considerado um dos materiais mais utilizados na construção civil, tendo como uma das mais importantes características a proteção do aço contra a corrosão, garantindo uma maior durabilidade do conjunto: concreto armado. Em algumas situações, quando exposto a agentes externos, o mesmo pode sofrer agressões que resultam em falhas no seu desempenho e até podem causar a ruína de componentes estruturais.

A menor durabilidade das estruturas em concreto armado pode ser causada por diversos fatores: falhas no processo construtivo, classe de agressividade ambiental, espessura mínima de cobrimento incorreta, qualidade dos materiais, ausência de manutenções periódicas, entre outros. Nestes casos, o surgimento de manifestações patológicas é a consequência dessas falhas executivas ou de projeto e, de acordo o estudo do tipo da manifestação apresentada, podem ser determinadas medidas corretivas mais acertivas.

No entanto, dentre as causas citadas, a ausência de manutenção periódica das edificações públicas é um fator determinante para que ocorram problemas das mais variadas causas e origens, levando a prejuízos materiais e, às vezes, pessoais. Esses prejuízos são significativos e afetam a sociedade em geral (1).

Diante da importância do tema, o presente estudo de caso foi realizado no Hospital de Câncer de Pernambuco (HCP), o qual possui estruturas com diferentes idades, e inclusive um dos edifícios está em utilização desde 1789, necessitando de uma vistoria mais detalhada de seus sistemas. A partir deste cenário, a Universidade de Pernambuco (UPE) se disponibilizou para auxiliar no estudo das possíveis causas das manifestações patológicas dos edifícios e anexos do hospital.

A pesquisa tem o intuito de analisar tecnicamente o estado das estruturas de concreto armado do HCP, no qual foi elaborado um diagnóstico das manifestações patológicas encontradas, um prognóstico (indicando os possíveis riscos para as pessoas que utilizam a área) e a recomendação de métodos e processos de recuperação dos problemas encontrados, de forma a atender às necessidades do hospital.

2. Características do estudo de caso

O HCP funciona integralmente pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e através de doações, e está localizado na avenida Cruz Cabugá, no bairro Santo Amaro em Recife – Pernambuco, conforme Figura 1.



FIGURA 1: Localização do Hospital de Câncer de Pernambuco.
FONTE: (2).



Especializado na área de oncologia, este hospital é referência por atender cerca de 55% dos pacientes oncológicos de todo o estado de Pernambuco, gerando um fluxo muito grande de pessoas, tanto de pacientes e acompanhantes, quanto de funcionários e voluntários (3). Atualmente, sua estrutura conta com enfermarias, urgências, UTIs, pediatrias e salas de cirurgia, além de um departamento de ensino e pesquisa, biblioteca, captação de recursos e doação, capela e refeitório.

É importante salientar que segundo a NBR 6118 (4), a classe de agressividade ambiental nos quais os edifícios do HCP estão localizados é de grau III, ou seja, com grande risco de deterioração da estrutura.

3. Referencial teórico

3.1 Durabilidade e manutenção das estruturas de concreto

A inspeção de uma estrutura ou sistema consiste na avaliação da conservação desta no meio ambiente em que está inserida e sua utilização. A partir desta análise, são então comparadas com os níveis mínimos de desempenho que a estrutura deveria apresentar para seu uso, que segundo a NBR 15575 (5) referem-se à qualidade habitacional das edificações.

Estes critérios dependem desde a sua concepção de projeto, métodos de execução até o uso e se foram realizadas corretamente as manutenções periódicas ao longo do tempo. Segundo Lapa (6), quando estas estruturas já não atendem aos critérios mínimos de desempenho podem apresentar deterioração de seus sistemas, podendo alterar a capacidade do elemento em realizar suas funções.

A manutenção em prédios públicos não se limita apenas à questão de manter as edificações em bom estado. Aspectos legais, sociais, econômicos, técnicos e ambientais, representam algumas das diversas variáveis que estão relacionadas ao processo de manutenção (7).

Todas as edificações estão sujeitas à ocorrência de manifestações patológicas como, por exemplo: corrosão de armaduras, fissuras, infiltrações, desagregação do concreto, bolores, eflorescências, entre outros. Por isso, necessitam de inspeções e manutenções periódicas para preservar a sua vida útil e, além disso, quanto mais cedo se descobrirem os problemas, mais rápida e menos onerosa será a sua recuperação. Dentre as manifestações citadas, o foco deste estudo será a corrosão de armaduras, a desagregação do concreto e bolores, devido à maior incidência destes problemas patológicos na estrutura em estudo.

3.2 Corrosão

De acordo com Sousa (8), em geral, a corrosão é um processo de deterioração do material por ação química ou eletroquímica, ocasionando a perda de massa deste material. Porém, é importante ressaltar que quando as armaduras são inseridas em componentes estruturais de concreto, estas estão, inicialmente, passivadas e protegidas contra o risco de corrosão. Pois, o concreto de cobertura forma uma barreira física ao ingresso de agentes externos, ao passo que também proporciona uma barreira química devido à alta alcalinidade da solução aquosa presente nos poros do concreto. No entanto, com o passar dos anos, as estruturas podem perder estas proteções devido principalmente aos fenômenos de contaminação por cloretos ou pelo avanço da frente de carbonatação no concreto o que pode desencadear um processo de deterioração progressivo e autoacelerante (9).

Por ocorrer em meio aquoso, a corrosão de armadura do concreto armado é considerada de natureza eletroquímica, ou seja, forma-se uma célula de corrosão entre o concreto e a



armadura. Segundo Lorenzini (10), uma célula de corrosão caracteriza-se pela existência de um ânodo, cátodo, um condutor metálico e um eletrólito, neste caso, uma região que cede elétrons, outra que recebe elétrons, a armadura e o concreto úmido, respectivamente.

3.3 Bolores

O bolor é o surgimento de fungos devido ao excesso de umidade. Estes fungos são microvegetais que se alimentam de materiais orgânicos, e podem surgir em qualquer tipo de material, sejam eles cerâmicos, vidros, argamassas, dentre outros (11).

3.4 Desagregação do concreto

Quando acontece um ataque químico expansivo devido a componentes intrínsecos ao concreto ou pela baixa resistência do mesmo, há uma diminuição da massa, ocorrendo, assim, a desagregação do concreto. Esta manifestação patológica é caracterizada por fazer com que os agregados se tornem facilmente removíveis (12).

4. Metodologia

A metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos consistiu, primeiramente, na realização de uma revisão bibliográfica em literaturas diversas, o que proporcionou maior familiaridade com o tema e possibilitou a verificação das principais causas e soluções para a corrosão em armaduras de concreto armado.

Para o levantamento e diagnóstico das manifestações patológicas encontradas foi adotada a metodologia proposta por Lichtenstein (14) que compreende três etapas: levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e definição de conduta. Os levantamentos das manifestações patológicas foram realizados apenas através de inspeção visual por se tratar de um hospital com intenso fluxo de pacientes e dificuldade de interdição para a realização de ensaios.

Os métodos utilizados para a análise das manifestações patológicas na edificação compreenderam a realização de consultas aos funcionários, a análise do histórico da edificação e a obtenção de registros, tanto escritos como fotográficos. A partir da coleta dessas informações foi possível estabelecer as causas e origens mais prováveis para o aparecimento das manifestações patológicas encontradas.

Após o diagnóstico das manifestações patológicas, foi proposta a definição de conduta para o reparo da edificação analisada, onde foram definidos os procedimentos e sugestões de reparo. Além disso, também foi elaborado um prognóstico de tais problemas, indicando os riscos caso nenhum reparo seja realizado na edificação.

5. Resultados

5.1 Inspeção

Através da inspeção visual realizada no edifício, foi possível observar a incidência principalmente de três manifestações patológicas: corrosão de armaduras, bolores e desagregação do concreto. Foram inspecionadas diversas áreas, porém, observou-se no Bloco 5 (Figura 2) que uma sala onde funcionava um consultório estava interdita e sem operação devido a presença de uma laje em concreto armado com armaduras bastante corroídas e uma intensa desagregação do concreto. Tal desagregação causou a ruptura do

forro de gesso existente no local e foi possível verificar a laje bastante deteriorada e com armaduras expostas conforme demonstrado nas Figuras 3 e 4.

No mesmo prédio, existem outras salas com o mesmo padrão desta porém, não foi possível verificar a situação das lajes de concreto devido a existência de forro de gesso, além de ainda estarem em operação e com um grande fluxo diário de pacientes.



FIGURA 2: Armadura exposta de laje de concreto em Consultório 1.
FONTE: Autores.



FIGURA 3: Foco do estudo, anexo do Bloco 5 (Consultórios).
FONTE: Autores.



FIGURA 4: Vista das lajes com degradação dos consultórios.
FONTE: Autores.

Também foram analisadas as platibandas destas lajes dos consultórios, com presença de bolor, manchas escuras e amareladas, possivelmente devido à infiltração na laje, como está relacionado na Figura 5.



FIGURA 5: Avanços de lajes apresentam manchas e bolor.
FONTE: Autores.

De acordo com os dados informados pelos funcionários do hospital, não existem projetos dos edifícios, nem tão pouco memoriais descritivos de como foram executadas as estruturas, dificultando a análise das possíveis origens e causas das manifestações patológicas encontradas. Além disso, observou-se também, a inexistência de um manual de uso, operação e manutenção da edificação.

5.2 Diagnóstico das Possíveis Causas

Devido ao Hospital do Câncer de Pernambuco (HCP) estar localizado próximo ao mar e em uma região com alto teor de umidade, esse tipo de ambiente possui uma atmosfera com agentes agressivos mais concentrados, deixando as estruturas de concreto sujeitas à ação de agentes agressivos como os íons cloretos existentes na névoa salina que podem penetrar pelos poros ou fissuras do concreto e atingir as suas armaduras, despassivando-as e provocando o fenômeno de corrosão.

Outra causa possível para o surgimento dessas manifestações patológicas é a penetração de CO_2 presente na atmosfera por meio dos poros do concreto. O CO_2 quando reage com os componentes alcalinos da pasta de cimento hidratada promove a formação de carbonatos que diminuem o pH do concreto, ocorrendo assim, a despassivação da armadura e consequentemente, o início do processo de corrosão.

Possivelmente, a ação dos esforços expansivos originados do processo de corrosão das armaduras implicou no destacamento do concreto, deixando as armaduras mais expostas e sujeitas à uma maior penetração dos agentes agressivos. É importante ressaltar que na época da elaboração do projeto e da execução da edificação, o revestimento utilizado pode ter sido insuficiente para a região com elevado grau de agressividade, facilitando ainda mais a ação dos íons cloreto ou do CO_2 .

Quando não estão bem-protegidas pelo concreto, as barras de aço ficam mais expostas às agressões do meio ambiente que podem corroê-las e, em casos mais severos, comprometer a estabilidade da construção.

Na Tabela 1, estão dispostas as possíveis causas, origens e os mecanismos das manifestações encontradas.

Tabela 1: Causas, origens e mecanismos das manifestações patológicas encontradas no HCP.

SINTOMA	CAUSA	ORIGEM	MECANISMO
<ul style="list-style-type: none"> • Armaduras enferrujadas; • Deslocamento do cobrimento; • Manchas de corrosão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atuação de agentes agressivos (CO₂ e Cl⁻); 	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto (cobrimento insuficiente, especificação inadequadas); • Execução. 	<ul style="list-style-type: none"> • Processo de corrosão das armaduras; • Reação expansiva do ferro com o O₂ e H₂O.
<ul style="list-style-type: none"> • Manchas com coloração esverdeada; • Alteração da estética. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada produção interna de umidade proveniente de problemas de infiltração 	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto; • Execução. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formação de bolor através da proliferação de fungos devido ao excesso de umidade.

FONTE: Autores.

5.3 Soluções Propostas

Previamente ao plano corretivo do problema, faz-se necessário pontuar algumas ressalvas importantes. Na visita técnica ao local em estudo, verificou-se que um consultório do hospital estava interditado, pois o destacamento do concreto da laje de coberta, provocou a queda de seu forro de gesso e felizmente, não houve nenhum acidente pois a sala estava vazia. Entretanto, foi verificado visualmente que os outros consultórios ao lado, apesar de aparentemente correrem o mesmo risco de destacamento, estavam em normal funcionamento. Como medida preventiva de acidentes, em virtude dos riscos eminentes, indicou-se a interdição destas salas localizadas sob a laje em estudo para verificação do seu estado de deterioração.

Para a comprovação da causa do processo de corrosão da armadura, indicou-se também a realização de dois ensaios, o de profundidade de carbonatação, com a aplicação de fenolfetaleína na estrutura, e a determinação da presença ou não de cloretos na estrutura, através da aspersão de nitrato de prata (AgNO₃).

Para a reabilitação da estrutura é necessário que um ensaio de medição verifique a perda da seção das armaduras em percentuais, caso seja comprovada uma perda de seção superior a 10%, o processo de reabilitação será um reforço da estrutura, porém, se a perda for menor que 10%, deverá ser realizada uma recuperação.

Considerando a primeira opção, o processo de reforço deverá seguir as orientações de um novo projeto estrutural. Caso seja optado pela segunda opção, ou seja, o processo de reparo, o responsável pela execução deverá seguir as seguintes etapas, de acordo com o Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto - Red Rehabilitar (15):

Tabela 2: Processo de reparo da laje inspecionada.

1. Delimitação da área a ser reabilitada.
2. Escarificação manual do concreto, com o devido cuidado para não acertar a barra de aço, deixando a barra com ao menos 1 ou 2 cm de espaçamento para o concreto em todo o seu perímetro (Figura 6).
3. Escovamento manual através de escovas com cerdas de aço, para remoção de produtos de corrosão incrustados na barra.
4. Jateamento de areia seca ou ar comprimido, com o objetivo de remover todos os resíduos que possam prejudicar a aderência do novo material.
5. Saturação com água, para garantir a aderência entre os substratos;
6. Aplicação manual de argamassa tixotrópica.
7. Por último, atentar para o cobrimento final da estrutura.

FONTE: Red Rehabilitar, 2003.

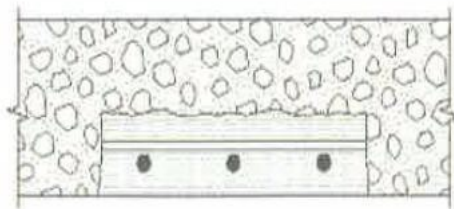


FIGURA 6: Espaçamento entre armadura e concreto para reabilitação.

FONTE: Red Rehabilitar, 2003.

Para o tratamento dos bolores, primeiramente deve-se identificar a fonte de umidade que está gerando o aparecimento dessa manifestação patológica na estrutura. De acordo com a inspeção, foi possível verificar falhas no sistema de drenagem pluvial na laje, provocando o acúmulo de água na calha, portanto, é aconselhável fazer uma revisão do sistema de captação de água antes de qualquer medida. Após o reparo da fonte de umidade, pode-se limpar a superfície e aplicar materiais fungicidas e materiais impermeabilizantes vendidos no mercado que criem uma película protetora, diminuindo assim, a absorção de água pela estrutura.

5.4 Prognóstico

Numa estrutura de concreto armado, o aço tem como função básica resistir aos esforços de tração, isso ocorre pois o concreto não possui resistência à tração suficiente para absorver os esforços solicitantes de uma edificação. Portanto, diante do estágio avançado de corrosão identificado nas armaduras de concreto da laje, é necessário que sejam realizados os ensaios mencionados no item anterior para que se comprove a real capacidade de suporte que a laje ainda possui e caso haja necessidade, realizar os devidos reforços da estrutura.

Caso tais procedimentos não sejam executados, o processo corrosivo tende a se intensificar com o passar dos anos, comprometendo ainda mais a seção da armadura do

concreto já corroído. Além disso, pode haver o aumento do processo corrosivo e atingir armaduras que ainda possam estar intactas, causando destacamento de novas áreas e o aumento do risco de acidentes.

Com insuficiência ou ausência dos esforços de tração suportados pelas armaduras, o uso de laje de concreto torna-se inapropriado, podendo causar a ruptura da própria laje e causar sérios danos e riscos para os pacientes e funcionários do hospital.

A respeito da presença de bolores no concreto, caso o foco de umidade ou infiltração existente não seja recuperada, aumentará a umidade e conseqüentemente a proliferação dos microorganismos na estrutura, além de trazer riscos à saúde das pessoas com alergias e desconforto respiratório.

6. Conclusão

Com este trabalho foi possível verificar que o surgimento das manifestações patológicas está relacionado com dois principais fatores. O primeiro fator diz respeito a falhas de projeto, executivas ou de supervisão dos profissionais na época da construção da edificação, o segundo fator está relacionado ao processo de manutenção preventiva, pois sabe-se que toda estrutura de concreto possui um desempenho estimado e está sujeita à ação de intempéries durante a sua vida útil. Porém, com a realização de inspeções periódicas, manutenções preventivas e reparos pontuais posterga-se e até evita-se o surgimento de tais problemas.

Diante dos resultados obtidos, torna-se imprescindível a interdição do local estudado para análise e correção das anomalias encontradas. Assim como, a verificação do estado das outras lajes cobertas com forro de gesso que não foram analisadas por ainda estarem em funcionamento atendendo vários pacientes por dia.

A realização de atividades de manutenção é considerada uma maneira de reestabelecer os níveis de desempenho perdidos ou mesmo para manter as características originais, com o propósito de preservar as condições de uso, tendo como resultado imediato a extensão da vida útil do prédio público. Portanto, deve-se utilizar técnicas a partir de planos de uso e manutenções para diminuir a ocorrência dos avanços dos danos nas estruturas, visando o conforto dos usuários e a preservação patrimonial do hospital, o qual é referência no estado de Pernambuco na área de oncologia.

7. Referências

- 1) NETO, Jerônimo C. P. F., NBR 5674 - Julho de 2012 – **Requisitos para o sistema de gestão de manutenção** – CONSIDERAÇÕES, 2012. disponível em <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/noticias/print/id_sessao/5/id_noticia/6921> Acesso em: 18 de outubro de 2017.
- 2) GOOGLE EARTH, 12 de dezembro de 2015. Acesso em: 23 de setembro de 2017.
- 3) HOSPITAL DO CÂNCER DE PERNAMBUCO. Relatório semestral de Atendimentos janeiro a junho/ 2016. Recife, 2017.
- 4) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NRB 6118 - Edificações Habitacionais — Desempenho, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.abnt.br>>. Acesso em: 22 outubro de 2017.
- 5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NRB 15575 -1 - Edificações Habitacionais — Desempenho, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.abnt.br>>. Acesso em: 22 outubro de 2017.



- 6) LAPA, J. S. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. 2008. Dissertação (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- 7) VILLANUEVA, M. M. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação**. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.
- 8) HELENE, P. Introdução. In: Corrosão em estruturas de concreto armado: Teoria, controle e métodos de análise. Rio de Janeiro: CAMPUS, 2014. Cap 1.
- 9) SOUSA, C. A. C. Princípios da corrosão eletroquímica. In: Corrosão em estruturas de concreto armado: Teoria, controle e métodos de análise. Rio de Janeiro: CAMPUS, 2014. Cap 2.
- 10) LORENSINI, R. V. Avaliação Probabilística Da Deterioração De Estruturas Em Concreto Armado. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte e 2006.
- 11) GENTIL, V. **CORROSÃO**, 6ª EDIÇÃO, 2011.
- 12) MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais** – 2ª Ed. São Paulo: IBRACON, 2014.
- 13) LEMOS, J. B. **Obras no Ambiente Hospitalar**. Disponível em: < http://www.aphilav.com.br/docs/gc_docs/2013/10/D02-38.pdf >. Acesso em 31 de outubro de 2017.
- 14) LICHTENSTEIN, N.B. **Patologia das Construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**: São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). São Paulo, 1985.
- 15) REHABILITAR, R. Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. CYTED, 2003.