



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Jessica Pereira Caraciolo

**ESTUDO DA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO, SEGUNDO A NORMA ABNT/NBR 14931:2004: estudo de
caso**

**Palmas
2015**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Jessica Pereira Caraciolo

**ESTUDO DA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO, SEGUNDO A NORMA ABNT/NBR 14931:2004: estudo de
caso**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Estágio em Engenharia Civil com TCC II curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Denis Cardoso Parente.

**Palmas
2015**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

JESSICA PEREIRA CARACIOLO

**ESTUDO DA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO
ARMADO, SEGUNDO A NORMA ABNT/NBR 14931:2004: ESTUDO DE
CASO.**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina Estágio em Engenharia Civil com TCC II curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Denis Cardoso Parente.

Aprovada em _____ de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. ou M.Sc. ou Esp. ou Grad. Denis Cardoso Parente
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Dr. ou M.Sc. ou Esp. ou Grad. Roldão Pimentel de Araújo Junior
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Dr. ou M.Sc. ou Esp. ou Grad. Daniel Iglesias de Carvalho
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas
2015

Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida
Com paixão, perder com classe e vencer com ousadia.
Pois o triunfo pertence a quem se atreve.
Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente e sempre, a Deus, por acalmar minhas inquietações e atender aos meus pedidos, concedendo-me a paz e a força necessárias ao cumprimento desta missão.

Aos meus pais, Claudenice Pereira Caraciolo e Adelardo Caraciolo Cordeiro, por cada minuto de zelo, paciência e carinho, por acreditarem no meu potencial e investirem em minha educação.

Aos meus irmãos, Erica Paloma Pereira Caraciolo e João Pedro Pereira Caraciolo, pela parceria e compreensão, tão imprescindíveis na superação de momentos difíceis. A minha família, por todos os exemplos de honestidade, luta e superação.

Ao meu orientador, Prof. Denis Cardoso Parente, pela paciência e contribuição neste trabalho.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA, por compartilharem os seus conhecimentos, difundindo a educação e contribuindo ao nosso futuro.

SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	X
1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivos	13
1.1.1. Objetivo Geral.....	13
1.1.2. Objetivos Específicos	13
1.2 Justificativa e Importância do Trabalho	14
1.3 Estrutura do Trabalho.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. Contexto Histórico	16
2.2. Concreto armado.....	16
2.2.1. Vantagens e Desvantagem do uso do concreto armado.....	17
2.3. Elementos Constituintes do Concreto Armado	18
2.3.1. Fôrma	18
2.3.1.1. Escolha dos elementos constituintes da fôrma	19
2.3.1.2. Molde.....	19
2.3.1.3. Cimbramento	19
2.3.1.4. Acessórios	20
2.3.1.5. Tipos de fôrmas.....	20
2.3.2. Aço	20
2.3.2.1. Etapas	21
2.3.2.2. Armazenamento	21
2.3.2.3. Serviço de armação.....	22
2.3.2.4. Montagem das armaduras.....	23
2.3.2.5. Recomendação da norma - posicionamento das armaduras	23
2.3.3. Concretagem	24
2.3.3.1. Transporte	24
2.3.3.2. Recebimento	25
2.3.3.3. Aplicação	25

2.3.3.3.1. Lançamento.....	25
2.3.3.3.2. Condições gerais durante o lançamento	26
2.3.3.3.3. Adensamento	27
2.3.3.3.4. Nivelamento.....	28
2.3.3.3.5. Acabamento	28
2.3.3.3.6. Cura.....	29
2.3.4. Desforma	29
2.4. Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado.....	30
2.4.1. Falhas de execução das fôrmas.....	31
2.4.2. Concreto segregado	31
2.4.5. Defeito em juntas de concretagem	32
2.4.6. Nicho de concretagem.....	33
2.4.7. Bolhas superficiais abertas.....	33
2.4.8. Manchas.....	34
2.5. Desempenho estrutural	34
2.6. Aspectos relacionados à execução do projeto	36
3. METODOLOGIA.....	37
3.1. Delineamento da Pesquisa.....	37
3.3. Segunda Etapa.....	38
3.4. Terceira Etapa.....	38
3.6. Quinta Etapa	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1. Caracterização da obra	41
4.2. Relação das manifestações patológicas	42
4.2.1 Análise do Piso.....	42
4.2.2 Análise da Fundação.....	44
4.2.3 Análise das Vigas	48
4.2.4 Análise das Paredes.....	51
4.2.5 Análise do Adensamento.....	54
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

RESUMO

As normativas vigentes na indústria da construção civil contribuem de forma imprescindível na padronização e excelência dos serviços e resultados almejados. A etapa fundamental de uma construção consiste na execução de estruturas de concreto armado, que precisa atender aos requisitos detalhados pela ABNT/NBR 14931/2004. O não atendimento a supracitada regulamentação pode acarretar na ocorrência de problemas na execução do processo. Diante desta premissa, este estudo objetivou analisar o processo construtivo de estruturas em concreto armado, em conformidade com a referida NBR, por meio de um estudo de caso em uma obra de um terminal intermodal para transbordo e armazenagem de grãos. A realização do trabalho permitiu identificar incongruências entre a aludida normativa e os procedimentos executados no canteiro, dentre os quais cabe ressaltar a interrupção da manda de PEAD e até mesmo sua ausência, a ocorrência de manifestações patológicas, tais como ninhos de concretagem, fissuras e embarrigamento do concreto, resultante de falhas na execução das estruturas, e as más condições de uso e problemas na montagem das fôrmas, em razão de falhas na vedação de juntas e armadura da viga apoiada sobre safarros de madeira. As impropriedades observadas podem resultar no comprometimento da qualidade da obra e, conseqüentemente, na ocorrência de possíveis prejuízos.

Palavras-chave: concreto armado, estruturas, normativa.

ABSTRACT

The current regulations in the construction industry contributes in essential way to standardize and excellent service and desired results. The key step of a building consists in the execution of reinforced concrete structures, which must meet the requirements detailed by ABNT/NBR 14931/2004. Failure to meet the above regulations may result in the occurrence of problems in the process execution. Given this premise, this study aimed to analyze the construction process of structures in reinforced concrete, in accordance with that NBR, through a case study in a work of an intermodal terminal for transshipment and storage of grain. The completion of the work allowed to identify inconsistencies between the rules alluded to and the procedures performed on site, among which it is worth noting the interruption of blanket of PEAD and even his absence, the occurrence of pathological manifestations, such as concrete nests, cracks and create tummy the concrete, resulting failures in the performance of structures, and poor conditions of use and problems in assembling the formwork, due to flaws in gaskets and stud armor resting on wooden support. The observed inaccuracies may compromise the quality of workmanship and therefore the occurrence of possible damages.

Key-words: reinforced concrete, structures, rules.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma esquemático do serviço de armação.....	21
Figura 2 - Fluxograma esquemático das etapas da concretagem.....	24
Figura 3 - Origem dos problemas patológicos.....	30
Figura 4 - Combinação sistemática dos componentes para a sustentabilidade da construção.....	35
Figura 5 - Delineamento da pesquisa.....	37
Figura 6 - Esquema genérico da produção de elementos de concreto armado	39
Figura 7. Esquematização em 3D da obra	41
Figura 8. Detalhe de camadas e posicionamento de armaduras de piso industrial...43	
Figura 9. Interrupção de manta PEAD de dessolidarização.....	43
Figura 10. Concretagem do piso, com interrupção da manta PEAD.....	43
Figura 11. Armadura de piso em contato com terreno encharcado e instável.....	44
Figura 12 - Caracterização da sapata	45
Figura 13 - Ninho de concretagem em sapata armada.	46
Figura 14 - Taxas elevadas de armadura.....	46
Figura 15 - Ninho de concretagem em extremidade superior da sapata.....	46
Figura 16 - Ninho de concretagem em arranque de sapata	46
Figura 17 - Abertura da forma do cálice da sapata associada	47
Figura 18 - Vazamento do concreto pela abertura da forma.....	47
Figura 19 - Demolição de parte do cálice com martelo pneumático.....	47
Figura 20 - Demonstração do ponto máximo de retirada do concreto.....	47
Figura 21 - Detalhamento dos elementos constituintes da vida.....	48
Figura 22 - Viga baldrame com fissuras mapeadas e ao longo das armaduras.....	49
Figura 23 – Fissuras mapeadas em superfície superior daViga baldrame.....	49
Figura 24 - Perda da nata de concreto pela junta	50
Figura 25 - Vazamento de concreto em forma de vigas	50
Figura 26 - Armaduras de vigas e blocos apoiados em sarrafos de madeira.....	51
Figura 27 - Armaduras apoiadas em sarrafos de madeira	51
Figura 28 - Concretagem da parede de concreto armado.....	51
Figura 29 – Segregação do concreto na parede de concreto armado	51
Figura 30 - Junta de concretagem na parede de concreto armado	52
Figura 31 - Ausência de espaçadores em uma das faces da armadura da parede ..53	
Figura 32 - Nicho de concretagem com armadura exposta.....	53
Figura 33 – Nicho de concretagem na parede	54
Figura 34 – Elevada quantidade de armadura	54
Figura 35 – Nicho de concretagem em toda extensão da parede	54
Figura 36 – Adensamento da base de uma sapata.....	55
Figura 37 - Adensamento próximo à forma	55
Figura 38 – Sapata com nicho de concretagem	55
Figura 39 – Sapata com segregação	55
Figura 40 - Fôrmas sem limpeza.....	56
Figura 41 - Fôrma após sucessivas utilizações.....	56
Figura 42 - Sapata com variação do tom	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de fôrmas utilizadas em obras.....	20
Tabela 2 - Operações realizadas durante o processamento da armadura.....	22
Tabela 3 - Diâmetro dos pinos de dobramento.....	22
Tabela 4 - Prazo de desforma	29
Tabela 5 - Composição do empreendimento e suas áreas	42
Tabela 6 – Relação da manifestação patológica com o empreendimento.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABESC - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ARI – Alta Resistência Inicial

CEULP - Centro Universitário Luterano de Palmas

NBR - Norma Brasileira



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um material que dispõem alta resistência às tensões de compressão, e baixa resistência à tração. Por esse motivo, surge o “concreto armado”, que é a junção do concreto associado a barras de aço, onde as barras da armadura absorvem as tensões de tração e o concreto absorve as tensões de compressão.

De acordo com Fajerztajn (1987), no Brasil há enorme tradição no uso do concreto armado para execução de estruturas e esse uso ocorre desde a construção de edificações mais simples até as mais complexas. Até hoje, as estruturas de concreto armado são as mais utilizadas para todos os tipos de obras no Brasil.

A etapa fundamental de uma construção é a execução de estruturas de concreto armado, a qual precisa atender aos requisitos estabelecidos pela ABNT/NBR 14931/2004. Equívocos nessa etapa, seja por falta de fiscalização ou capacitação profissional por desconhecer à norma, podem provocar o surgimento de manifestações patológicas na estrutura.

Sendo assim, o descumprimento da norma pode vir a acarretar a perda de qualidade, comprometimento da durabilidade da construção, com o surgimento de trincas, fissuras e diversas outras manifestações patológicas proporcionadas pela má execução dos procedimentos.

Visto que, vários fatores poderão propiciar o surgimento das manifestações patológicas, o acompanhamento nas diferentes fases do processo de execução se faz necessário, entre elas: análise do projeto, montagem (fôrmas, armaduras, escoramentos), etapa de concretagem, desmontagem (retirada de fôrmas e escoramentos) e acabamentos finais.

O projeto estrutural evidencia os detalhes de execução e de como deve ser executado as interligações. Na elaboração dos projetos é necessário que ocorra concordância entre si, pois todas as outras fases do processo de execução serão realizadas com base no projeto estrutural.

A utilização das fôrmas fornece a geometria e a textura adequadas ao concreto fresco e, com o auxílio das escoras, proporciona sustentabilidade até que o mesmo atinja resistência suficiente para suportar os esforços que lhe são sujeitos.

Na fase de posicionamento da armadura, para que se proporcione boa montagem e posterior concretagem, é necessário que os espaçamentos mínimos, as taxas limites de armadura, com detalhes construtivos das regiões com cruzamento de armaduras, estejam corretamente executados.

Segundo Takata (2008), o transporte do concreto é um item importante numa concretagem, pois é um condicionante que interfere diretamente nas definições das características do concreto, na produtividade do serviço e, se houver, na elaboração de um projeto para produção.

Em vista disso, a etapa de concretagem deve assegurar que o concreto continue coeso ao chegar à forma e que preencha todos os cantos bem como a armadura, proporcionando a eliminação de vazios através do processo de adensamento adequado.

De modo consequente, ocorre a retirada das fôrmas e escoras, realizada no momento em que o concreto possa resistir com segurança o próprio peso e as cargas atuantes.

Diante do pressuposto, o presente estudo possui como intuito principal de efetivar o estudo do processo construtivo de estruturas em concreto armado, em conformidade com a ABNT/NBR 14931/2004, utilizando como estudo de caso uma obra de um terminal intermodal para transbordo e armazenagem de grãos.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Apresentar uma análise do processo construtivo de estruturas em concreto armado, segundo a ABNT/NBR14931/2004, da obra de um terminal intermodal para transbordo e armazenagem de grãos.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Acompanhar as etapas de execução de estruturas em concreto armado da obra em estudo, a partir da montagem, desforma das peças, montagem das armaduras e concretagem, dividindo-se em transporte, recebimento e aplicação;
- Verificar se os resultados obtidos *in loco* atendem a norma (ABNT/NBR 14931/2004);
- Relacionar as manifestações patológicas surgidas pós desforma, com o processo de execução das estruturas em concreto armado.

1.2 Justificativa e Importância do Trabalho

Incontestavelmente, nos últimos anos, a questão da qualidade tem sido muito exposta, seja devido ao aumento de cobrança por parte dos usuários ou a maior precaução dos poderes públicos com relação à adequação ao uso e à durabilidade das estruturas.

Todavia, as estruturas de concreto armado vêm apresentando manifestações patológicas, sendo que grande parte das que se manifestam em obras civis, de uma maneira geral, são oriundas de falhas durante alguma das fases de execução, como detalhamento insipiente de projeto, inobservância das normas de execução e falta de manutenção.

Sendo assim, o presente trabalho poderá ser um referencial para as empresas em relação à necessidade de uma adequação na execução de estrutura de concreto armado e fiscalização do órgão competente à execução e em linha com a ABNT/NBR 14931/2004.

1.3 Estrutura do Trabalho

O presente estudo se encontra organizado em cinco capítulos, caracterizados conforme segue abaixo:

- Capítulo 1: introduz o estudo, destacando a relevância do tema escolhido, os objetivos, geral e específicos, e a justificativa para realização do trabalho;
- Capítulo 2: apresenta o referencial teórico necessário para execução do estudo, abordando o contexto histórico do concreto armado, sua conceituação, vantagens, desvantagens, elementos constituintes, manifestações patológicas e desempenho estrutura;
- Capítulo 3: caracteriza o empreendimento utilizado no presente estudo e o delineamento da pesquisa, descrevendo as etapas estabelecidas para alcançar os objetivos anteriormente apresentados.
- Capítulo 4: expõe os resultados obtidos, apresentando a análise do piso, fundação, vigas, adensamento, parede e fôrmas do empreendimento, conforme a normativa vigente.
- Capítulo 5: ressalta as conclusões e considerações finais obtidas pelo autor.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Contexto Histórico

Segundo Carvalho (2008), atribui-se a descoberta do concreto armado a Joseph-Louis Lambot, um agricultor francês, que em 1849 realizou a construção da primeira estrutura de concreto.

Carvalho (2008) relata que, em 1850, o norte americano Hyatt realizou vários ensaios e vislumbrou a verdadeira função da armadura no trabalho conjunto com o concreto. Porém, seus estudos não receberam repercussão por não terem sido publicados.

Hennebique, após Hyatt conseguir entender a atribuição das armaduras no concreto, percebeu a necessidade de dispor de outras armaduras além da armadura reta de tração. Imaginou armaduras dobradas, prolongadas em diagonal e ancoradas na zona de compressão. Foi o primeiro a colocar estribos com a finalidade de absorver tensões oriundas da força cortante e o criador das vigas T, levando em conta a colaboração da laje como mesa de compressão (VASCONCELOS, 1985).

A primeira teoria realista ou consistente sobre o dimensionamento das peças de concreto armado surgiu com uma publicação, em 1902, de E. Mörsch, eminente engenheiro alemão, professor da Universidade de Stuttgart (Alemanha).

Carvalho (2008) relata que no artigo de Uhagon (1854) obtém evidências de que foram necessários a deterioração e o colapso de muitas estruturas em concreto para que se percebesse a agressividade de alguns sais e minerais e atingir o estágio atual de padronização relativo à agressividade do meio ambiente e à durabilidade.

2.2. Concreto armado

“O concreto armado é um material de construção constituído de concreto e armadura de aço, no qual ocorre a divisão de aderência do cimento e há efeitos de natureza mecânica. As barras de armadura absorvem esforços de tração nos elementos sujeito à flexão ou tração, já que o concreto tem grande resistência à compressão”. Andrade (2006).

Compreende-se concreto estrutural de acordo com as definições apresentadas pela NBR 6118/2003, itens i e ii., respectivamente:

i. **armadura passiva:** qualquer armadura que não seja usada para produzir forças de protensão, isto é, que não seja previamente alongada.

ii. **armadura ativa (de protensão):** constituída por barra, fios isolados ou cordoalhas, destinada à produção de forças de protensão, isto é, na qual se aplica um pré-alongamento inicial.

A supracitada normativa classifica a qualidade de uma estrutura em concreto armado de acordo com os seguintes requisitos básicos:

- Referente à sua capacidade resistente de seus elementos componentes: segurança a ruptura e estabilidade;
- Referente a um bom desempenho em serviço: fissuração excessiva, deformações inconvenientes e vibrações indesejáveis;
- Relacionado à sua durabilidade, sob as influências ambientais previstas: conservação da estrutura.

2.2.1. Vantagens e Desvantagem do uso do concreto armado

Segundo Franco (2008) o concreto armado é um material que vem sendo muito utilizado, em vários modelos de construção, por possuir várias características positivas, entre elas:

- Economia: especialmente no Brasil, os seus componentes são facilmente encontrados e relativamente a baixo custo;
- Conservação: em geral, o concreto apresenta boa durabilidade, desde que tenha a dosagem correta e seja bem misturado, lançado e adensado. É também muito importante que os cobrimentos mínimos das armaduras sejam rigorosamente obedecidos;
- Adaptabilidade: favorece à arquitetura pela sua fácil modelagem;
- Rapidez de construção: a execução e o recobrimento são relativamente rápidos;
- Segurança contra o fogo: desde que a armadura seja protegida por um cobrimento mínimo adequado de concreto;
- Impermeabilidade: desde que dosado e executado de forma correta;
- Resistência a choques e vibrações: os problemas de fadiga são menores.

Entretanto, de acordo com Franco (2008), o concreto armado também apresenta desvantagens, sendo elas:

- Peso próprio elevado, relativamente à resistência: peso específico $\gamma_{conc} = 25 \text{ kN/m}^3$;
- Refôrmas e adaptações são de difícil execução;
- Fissuração (existe, ocorre e deve ser controlada);
- Transmite calor e som.

2.3. Elementos Constituintes do Concreto Armado

2.3.1. Fôrma

De acordo com a ABNT NBR 15696:2009, as fôrmas podem ser definidas como estruturas provisórias que servem para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das ações variáveis resultantes das pressões do lançamento do concreto fresco, até que o concreto se torne autoportante. O objetivo das fôrmas é fornecer ao concreto armado, a geometria estabelecida pelo projeto.

Para Freire (2001) outras atribuições das fôrmas são:

- Servir de suporte para o posicionamento da armação, permitindo a colocação de espaçadores para garantir os cobrimentos;
- Servir de suporte para o posicionamento de elementos das instalações e outros itens embutidos;
- Servir de estrutura provisória para as atividades de armação e concretagem
- ++++++, devendo resistir às cargas provenientes do seu peso próprio; e
- Limitar a perda de água do concreto, facilitando a cura.

Conforme relata Freire (2001), o sistema de fôrmas tem expressiva importância na formação de custos das estruturas de concreto armado de edificação, com uma variação de 30 a 60%, constatando sua importância na execução da estrutura. Também ressalta a importância significativa quanto ao prazo, o sistema de fôrmas rege a execução da estrutura, definindo o início da montagem das armaduras e consequentemente a concretagem após seu término.

2.3.1.1. Escolha dos elementos constituintes da fôrma

Segundo Assahi (2005), a fôrma é um equipamento e, que necessita de algumas características, tais como:

- Praticidade: Manuseio fácil na montagem, desforma e transporte;
- Eficiência: Bom desempenho aliado à boa produtividade;
- Durabilidade: Ter a vida útil prevista;
- Economia: Melhor custo total (inicial + operacional + manutenção + indireto).

Sendo que, o sistema de fôrmas se constituído por: molde, cimbramento e acessórios.

2.3.1.2. Molde

O molde é o componente que permite a caracterização do formato da peça e, segundo Fajerstajn (1987), representa o elemento que entra em contato direto com o concreto, definindo o formato e a textura concebida para a peça durante o projeto.

2.3.1.3. Cimbramento

O cimbramento pode ser definido como sendo um conjunto de elementos que absorvem ou transferem para um local seguro as cargas que atuam nas fôrmas, que podem ser divididos em quatro grupos:

- Escoramentos: peças verticais sujeitas aos esforços de compressão;
- Vigamento: peças horizontais sujeitas aos esforços de flexão originados pelos carregamentos verticais;
- Travamento: peças horizontais ou verticais sujeitas aos esforços de tração e/ou flexão originados pelos carregamentos horizontais;
- Mãos-francesas: peças inclinadas para contenção horizontal.

2.3.1.4. Acessórios

De acordo com Fajerstajn (1987), acessórios podem ser conceituados como um conjunto de peças destinadas a complementar os demais elementos na execução das fôrmas.

2.3.1.5. Tipos de fôrmas

Segundo Assahi (2005), as fôrmas podem ser constituídas por: madeira, metal (aço e alumínio), plásticos, fibra de vidro e concreto. Os mais usuais, no entanto, são as madeiras, principalmente, as chapas compensadas específicas para fôrma.

De acordo com Andrade (2012), em geral, as fôrmas são classificadas de acordo com o material e pela maneira como são utilizadas, levando em conta o tipo de obra.

Tabela 1 - Tipos de fôrmas utilizadas em obras

Tipos de fôrmas	Material	Indicação (tipo de obra)
Convencional	Madeira	Pequenas obras particulares e detalhes específicos
Moduladas	Madeira e mistas	Obras repetitivas e edifícios altos
Trepantes	Madeira, metálicas e mistas	Torres, barragens e silos
Deslizantes verticais	Madeira, metálicas e mistas	Torres e pilares altos de grande seção
Deslizantes horizontais	Metálicas	Barreiras, defensas e guias

Fonte: Andrade, 2012.

2.3.2. Aço

Segundo Fusco (1995), no mercado brasileiro são encontrados diversos tipos de barras e fios de aço destinados à confecção de armaduras passivas das peças estruturais de concreto. Na designação desses fios e barras é usado o prefixo CA, indicativo de seu emprego no concreto armado.

Barros e Melhado (1998) defendem que a função principal das armaduras é absorver as tensões de tração e ajudar a aumentar a capacidade resistente das peças ou componentes que estão resistindo a compressão.

Para Barros (1998), os aços para concreto armado, fornecidos em rolos (fios) ou mais comumente em barras com aproximadamente 12m de comprimento, são empregados como armadura ou armação de componentes estruturais.

De acordo com Adão (1980), existe diversos tipos de aço onde os principais e mais usados são os aços que se classifica nas categorias CA-25, CA-50 e CA-60, onde o número indicativo da categoria é o valor característico do limite de escoamento à tração, expresso em kgf/mm^2 .

O serviço de armação é constituído por três etapas (recebimento, processamento e posicionamento nas fôrmas), destacando que na etapa de processamento pode ocorrer o corte, dobra, pré-montagem e montagem. Tal descrição do serviço de armação é visualizada na Figura 1.

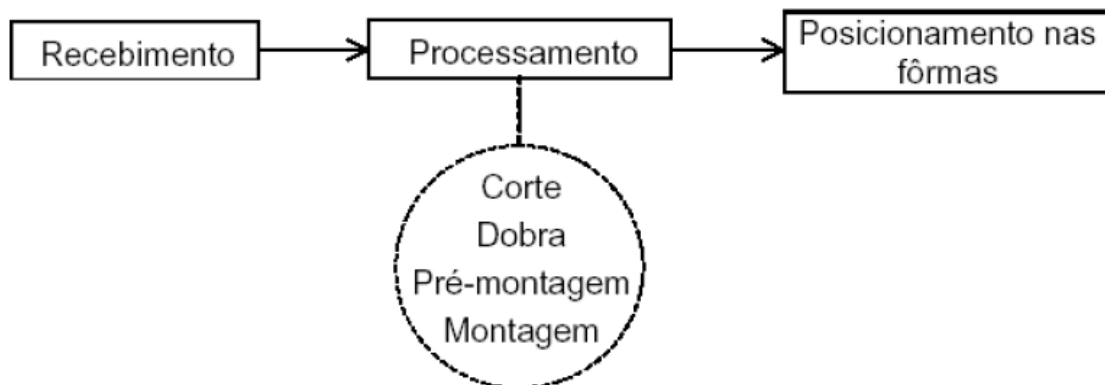


Figura 1 - Fluxograma esquemático do serviço de armação (Fonte: Freire, 2001)

2.3.2.1. Etapas

2.3.2.2. Armazenamento

A NBR ISO (14931:2004) estabelece que a estocagem deve ser feita de modo a impedir o contato com qualquer tipo de contaminante (solos, óleos, graxas, entre outros), assim como Barros e Melhado (2006), onde é aconselhável evitar o contato direto do aço com o solo, e que fique sujeito a intempéries.

2.3.2.3. Serviço de armação

De acordo com Fachini (2005), as etapas do serviço de armação são descritas a seguir, conforme Tabela 2:

Tabela 2 - Operações realizadas durante o processamento da armadura.

ITEM	OPERAÇÕES
1	Corte das barras longitudinais e barras transversais
2	Dobra das barras longitudinais e transversais
3	Pré-montagem
4	Montagem final e conferência

Fonte: Adaptado de Fachini, 2005.

De acordo com a NBR (14931:2004), o corte das barras da armadura deve atender às indicações do projeto da estrutura, observadas as respectivas tolerâncias.

Souza (1996) e Mekbekian (1996) comentam que é necessária a montagem de uma bancada de armador principal com equipamentos para preparação da armadura, e uma segunda área que auxiliará na montagem e no posicionamento final das armaduras.

De acordo com a NBR (14931:2004), o dobramento das barras, inclusive ganchos, deve ser feito respeitando os diâmetros internos de curvatura da Tabela 3.

Tabela 3 - Diâmetro dos pinos de dobramento

Bitola (mm)	Tipo de aço		
	CA - 25	CA - 50	CA-60
$\phi \leq 10$	3 ϕ	3 ϕ	3 ϕ
$10 < \phi < 20$	4 ϕ	5 ϕ	-
$\phi \geq 20$	5 ϕ	8 ϕ	-

Fonte: NBR 14931:2004.

- As barras de aço devem ser sempre dobradas a frio.
- As barras não devem ser dobradas junto às emendas por solda, observando-se uma distância mínima de $\phi 10$.

2.3.2.4. Montagem das armaduras

Conforme Takata (2008), as armaduras precisam ser realizadas sobre cavalete (exceto em lajes que necessitam ser montadas na própria fôrma) e deve ocorrer a marcação dos pontos onde serão amarrados os estribos, fazendo com que fiquem bem presos.

Após definição de pontos, Takata (2008) relata a importância dos espaçadores, segundo o mesmo, servem para manter a armadura na posição durante a montagem, o lançamento e o adensamento do concreto, a fim de garantir o cobrimento mínimo prescrito no projeto.

2.3.2.5. Recomendação da norma - posicionamento das armaduras

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 14931:2003, presume algumas ponderações para as armaduras dobradas no local ou pré-fabricadas:

- ✓ O tipo do aço a ser utilizado nas armaduras é estabelecido pela NBR 7480:1996;
- ✓ Barras de aço utilizado nos empreendimento, telas soldadas e armaduras pré-fabricadas não devem ser deterioradas no período de transporte, estocagem, limpeza, manuseio e posicionamento na estrutura. Além disso, os produtos deve ser identificação para que não haja trocas das barras na obra, e evitando que seja estocado em contato com o solo;
- ✓ A superfície deve estar livre de ferrugem e de substâncias deletérias que possam modificar de maneira adversa o aço, o concreto ou a aderência entre esses materiais. Armaduras que contem produtos destacáveis na sua face devem ser limpas superficialmente antes do lançamento, além de verificação de seção estrutural;
- ✓ Deve manter o cobrimento especificado para a armadura no projeto por elementos adequados ou espaçadores e sempre utilizado nas armaduras mais exposta. Permite-se o uso dos espaçadores de concreto ou de argamassa, apenas se possui relação água/cimento inferior ou igual a 0,5, e espaçadores plásticos ou metálicos com as partes em contato com as fôrmas coberto com material plástico ou outro similar. Não recomenda a utilização de calços de aço cujo cobrimento, após lançamento do concreto, tenha espessura inferior ao especificado no projeto;

✓ Antes e durante o lançamento do concreto, caminhos e passarelas devem estar dispostos de modo a não acarretarem deslocamento da armadura;

2.3.3. Concretagem

A concretagem é a etapa de produção final do ciclo de execução da estrutura, e embora tenha uma duração inferior quando comparada a outros serviços da estrutura, esta etapa necessita de uma boa gestão e um bom planejamento nos diversos fatores que interferem na execução. (Fachini, 2005).

O serviço de concretagem consiste em receber ou produzir o concreto, transportá-lo até o local de aplicação, lançá-lo nas fôrmas, espalhá-lo, adensá-lo, nivelá-lo, dar-lhe o acabamento necessário, para depois curá-lo, conforme Freire (2001). A Figura 2 apresenta um fluxograma esquemático com essas etapas.

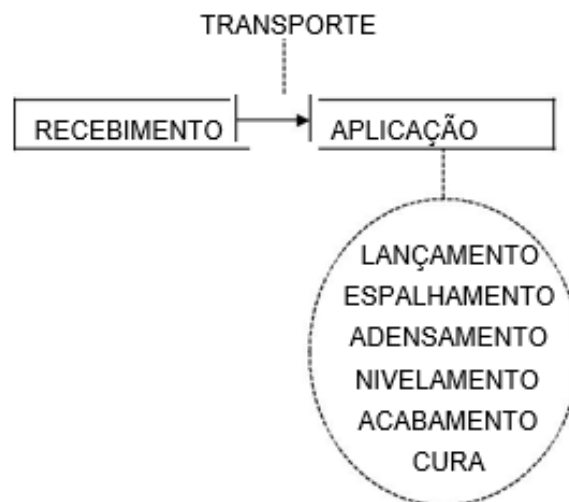


Figura 2 - Fluxograma esquemático das etapas da concretagem
Fonte: ARAÚJO et al, 2004

2.3.3.1. Transporte

O sistema de transporte do concreto é um item notável que deve ser destacado. O sistema de transporte deve ser tal que permita o lançamento direto nas fôrmas, evitando-se depósitos intermediários ou transferência de equipamentos (Freire, 2001). Deverá sempre observar a duração do tempo de transporte, para que seja o menor possível, no sentido de minimizar consequências relativas à redução da trabalhabilidade com o passar do tempo.

2.3.3.2. Recebimento

De acordo com a ABESC (2007), alguns fatores devem ser observados no recebimento do concreto, ocorrendo a verificação do mesmo com o pedido, solicitado, são eles:

- Volume do concreto;
- Classe de agressividade;
- Abatimento (*slump-test*);
- Resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}); ou consumo de cimento/ m^3 ;
- Aditivo, quando solicitado;

Para aceitação do concreto é necessário a realização de ensaios, sendo um deles o de abatimento ou *slump test*. O resultado deverá ser menor ou igual ao valor máximo admitido na nota fiscal, para que ocorra o recebimento do material.

Após o recebimento, devem ser colhidas amostras do concreto que servirão para realização de ensaios de resistência a compressão.

2.3.3.3. Aplicação

As principais aplicações do concreto, conforme ilustrado na Figura 2, divide-se nas etapas de lançamento, adensamento, nivelamento e cura.

2.3.3.3.1. Lançamento

Conforme escrito na NBR 14931:2004, o concreto deve ser lançado e adensado de modo que ocorra a cobertura com a massa de concreto de toda a armadura, além dos seus elementos descritos no projeto.

A ABESC (2007) recomenda considerar as seguintes precauções na fase de concretagem:

- Procure lançar o concreto mais próximo da sua posição final; não deixe acumular concreto em determinados pontos da fôrma;
- Evite a segregação e o acúmulo de água na superfície do concreto;

- Lance em camadas horizontais de 15 a 30 cm, a partir das extremidades em direção ao centro das fôrmas;
- A nova camada deve ser lançada antes do início de pega da camada inferior; cuidado especial deve ser tomado para concretagem com temperatura ambiente inferior a 10°C e superior a 35°C;
- A altura de lançamento não deve ultrapassar 2 m. Para alturas de lançamento elevadas sem acesso lateral (janelas), utilizar trombas, calhas, funis etc.

2.3.3.3.2. Condições gerais durante o lançamento

ABESC (2007) cita algumas condições que devem ocorrer no lançamento do concreto, sendo elas:

- Realizar o lançamento logo após o batimento, estabelecendo em 2 horas e meia o tempo entre a saída do caminhão da concreteira e a utilização na obra;
- Estabelecer em 1 hora o tempo de fim da mistura no caminhão e o lançamento, sendo válido para concretagem sobre camada já adensada e se for o acontecido, usar retardadores de pega, nas obras com maior dificuldade no lançamento;
- Realizar o lançamento o mais próximo da sua posição final;
- Impedir o conglomerado de concreto em pontos da fôrma, distribuindo a massa sobre a fôrma;
- Realizar o lançamento em camadas horizontais de 15 a 50 cm, a partir dos extremos para o centro das fôrmas;
- Lançamento da nova camada deve ocorrer antes do início de pega da camada inferior;
- Adotar cuidados especiais quando da concretagem for realizada em temperatura ambiente inferior a 10°C e superior a 35°C;
- Evitar lançamento em alturas superior a 2,5 metros e, se for o caso, utilizar trombas, calhas, funis etc;
- O transporte do concreto realizado por carrinhos ou jericas ser limitado a 60 metros para que não ocorra a segregação e perda de consistência (utilizar carrinhos ou jericas com pneus);
- Preparar rampas e caminhos de acesso às fôrmas (prever antiderrapantes);

- Começar a concretagem pela parte mais distante do local de recebimento do concreto;
- Molhar as fôrmas até atingir o estado de saturação para poder iniciar o lançamento do concreto;
- Eliminar e/ou isolar pontos de contaminação por barro, entulho e outros materiais indesejados;
- Manter uma equipe de carpinteiros, armadores e eletricitas, sendo que um carpinteiro fique sob as fôrmas verificando o preenchimento com um martelo de borracha;
- Lançar nos pés dos pilares, antes do concreto, uma camada de argamassa com traço 1:3 (cimento e areia média);
- Interromper a concretagem no caso de chuva, protegendo o trecho já concretado com lonas plásticas;
- Dar especial atenção às armaduras negativas, verificando sua integridade;
- Providenciar pontos de iluminação no caso da concretagem se estender para a noite.

2.3.3.3.3. Adensamento

De acordo com ABCP (2015), o adensamento tem como função retirar os vazios do concreto, minimizando a porosidade e, conseqüentemente, aumentando a resistência do elemento estrutural. Da mesma forma, possui a função de acomodar o concreto na fôrma, para tornar as superfícies aparentes com textura lisa, plana e estética.

Segundo Giammusso (1992) e Fachini (2005), o adensamento pode ser sucedido de várias fôrmas: com vibrador de imersão, com régua vibratória ou com pilão.

Na realização do adensamento é essencial que ocorra as seguintes precauções na fase da execução do concreto:

- Lançar o concreto em camadas de no máximo 50 cm (30 cm é o recomendável) ou em camadas compatíveis com o comprimento do vibrador de imersão;
- Aplicar o vibrador sempre na vertical;

- Vibrar o maior número possível de pontos da peça;
- Introduzir e retirar o vibrador lentamente, fazendo com que a cavidade deixada pela agulha se feche novamente;
- Deixar o vibrador por 15 segundos, no máximo, num mesmo ponto (o excesso de vibração causará segregação do concreto);
- Fazer com que a agulha penetre 5 cm na camada já adensada;
- Evitar encostar o vibrador na armadura, pois isso acarretará problemas de aderência entre a barra e o concreto;
- Não aproximar muito a agulha das paredes da fôrma (máximo 10 cm), para evitar danos na madeira e evitar bolhas de ar;
- O raio de ação do vibrador depende do diâmetro da agulha e da potência do motor.

2.3.3.3.4. Nivelamento

Essa operação utiliza um sarrafo apoiado em mestras que estabelecem a espessura da laje; pode-se também utilizar taliscas, de aço, madeira ou argamassa, como referência de nível. Para que o nivelamento do concreto ocorra, é recomendável que a fôrma da laje esteja nivelada; isso facilita o posicionamento correto das mestras, especialmente daquelas com alturas fixas, mas, também, para os demais tipos; portanto, durante a concretagem, torna-se necessário conferir, pela parte de baixo, o nível da fôrma (Freire, 2001).

2.3.3.3.5. Acabamento

A etapa de acabamento tem como intuito proporcionar à superfície, a textura desejada, no entanto nem todas as obras chegam a executá-la, deixando a estrutura apenas sarrafeada (Freire, 2001).

De acordo com o mesmo autor, a execução dos acabamentos é caracterizada pelo grande rigor de nivelamento e planeza, e pela textura superficial coerente com o revestimento que a estrutura irá receber.

2.3.3.3.6. Cura

Segundo Petrucci (1987), recebe-se o nome de cura ao conjunto de medidas com o propósito de evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento, que rege a sua pega e seu endurecimento.

De acordo com NBR (ABNT 14931/2004), enquanto não seja atingido endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais para:

- Impossibilitar a perda de água pela sua superfície exposta;
- Possibilitar uma superfície com resistência apropriada;
- Propiciar a formação de uma capa superficial resistente.

Segundo a mesma NBR, os elementos estruturais de superfície devem ser curados até que ganhem resistência característica à compressão (f_{ck}), segundo a ABNT NBR 12655, igual ou maior que 15 MPa.

2.3.4. Desforma

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 15696: 2009, prevê a retirada de fôrmas e de escoramentos (item 6.3, item c) feita de maneira a respeitar o comportamento da estrutura em serviço. No caso de dúvidas quanto ao modo de funcionamento da estrutura o responsável técnico deve providenciar esclarecimentos técnicos para tal procedimento.

Na tabela abaixo, estão especificados os prazos de desforma estabelecidos pela norma:

Tabela 4 - Prazo de desforma

Tipos de fôrmas	Prazo de desforma	
	Concreto comum	Concreto de ARI
Paredes, pilares e faces laterais de vigas	3 dias	2 dias
Lajes de até 10 cm de espessura	7 dias	3 dias
Faces inferiores de vigas com ré escoramento	14 dias	7 dias
Lajes com mais de 10 cm de espessura e faces inferiores das vigas com menos de 10 m de vão	21 dias	7 dias
Arcos e faces inferiores de vigas com mais de 10 m de vão	28 dias	10 dias

Fonte: ARAÚJO et al, 2004.

2.4. Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado

Helene (1992) atribuiu o seguinte conceito: “Patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema”.

Segundo Verçosa (1991), com o passar dos anos, as estruturas estão expostas a degradações que podem ser naturais ou provenientes de falhas nas etapas de projeto, execução ou qualidade dos materiais.

A Figura 3 aponta as principais causas de patologias em estruturas:

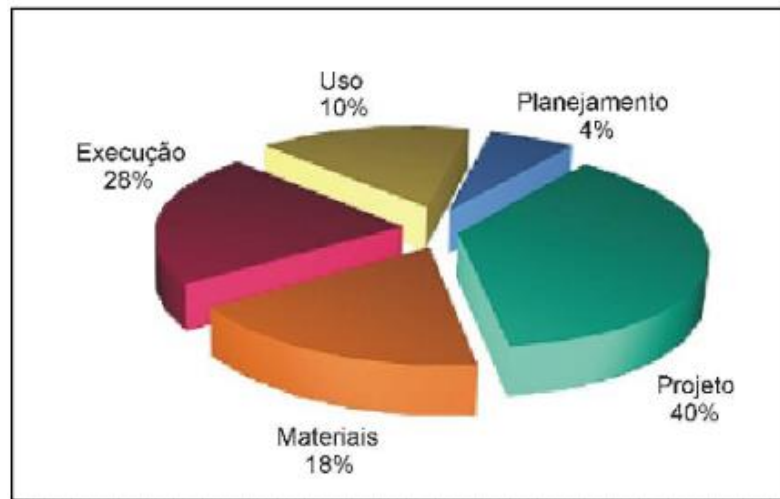


Figura 3 - Origem dos problemas patológicos
Fonte: Helene, (1992)

As manifestações patológicas podem causar danos de durabilidade e resistência mecânica, desde a peça recém-produzida até após alguns anos de seu uso. Porém, as maiores incidências e causas de manifestações patológicas são originadas durante o início do processo construtivo (Fachinetto, 2002).

Sendo assim, reconhece-se a importância do conhecimento das manifestações patológicas das construções, para que se possam identificar as causas das doenças, aumentando a eficiência das formas de prevenção.

2.4.1. Falhas de execução das fôrmas

Existem uma série de patologias comuns em concreto de estruturas que são causadas por falhas de execução do sistema construtivo. Como é o caso de vazamentos de concreto das fôrmas, de acordo com Mitidieri, Souza e Barreiros (2012, p. 4) estes vazamentos ocorrem principalmente pela base da forma.

Os mesmos autores citam possíveis causas do surgimento das patologias em fôrmas, que são:

- Falta de limpeza e de aplicação de desmoldantes nas fôrmas antes da concretagem, o que acaba por ocasionar distorções e "embarrigamentos" natos nos elementos estruturais (o que leva à necessidade de enchimentos de argamassa maiores dos que os usuais e, conseqüentemente, à sobrecarga da estrutura);
- Insuficiência de estanqueidade das fôrmas, o que torna o concreto mais poroso, por causa da fuga de nata de cimento através das juntas e fendas próprias da madeira, com a conseqüente exposição desordenada dos agregados;
- Retirada prematura das fôrmas e escoramentos, o que resulta em deformações indesejáveis na estrutura e, em muitos casos, em acentuada fissuração;
- Remoção incorreta dos escoramentos (especialmente em balanços, casos em que as escoras devem ser sempre retiradas da ponta do balanço para o engaste), o que provoca o surgimento de trincas nas peças, como conseqüência da imposição de comportamento estático não previsto em projeto.

2.4.2. Concreto segregado

Conforme Loterman (2013), o concreto é um elemento composto por areia, pedras (brita), água e cimento, quando preparado e lançado corretamente, transforma-se em uma mistura homogênea, onde todas as pedras estão completamente envoltas pela pasta de cimento, areia e água. Caso haja a ocorrência de um erro de lançamento ou de vibração, as pedras se separam do resto da pasta, formando um concreto cheio de vazios, permeável, que permite a passagem de água facilmente.

De acordo Piancastelli (1997) o processo de separação pode ser provocado, entre outras causas, por:

- Lançamento livre de grande altura;
- Concentração de armadura que impede a passagem da brita;
- Vazamento da pasta pela forma;
- Má dosagem do concreto;
- Uso inadequado de vibradores.

De acordo com Ambrosio (2004), o concreto segregado pode ser avaliado através do estado que se encontra a superfície:

- Superficial: com falhas apenas na argamassa superficial do concreto, sem aparecimento de agregados graúdos;
- Média: com grandes falhas na superfície do concreto, com aparecimento dos agregados graúdos;
- Profunda: com profundas imperfeições na superfície do concreto, com desprendimento do agregado graúdo;
- Sem falhas na superfície: com argamassa de cobrimento dando conformação a peça, porém contendo vazios interiores.

2.4.5. Defeito em juntas de concretagem

Em Piancastelli (1997), o mesmo cita que a perda de aderência entre concretos é caracterizada pelo surgimento de fissura na interface das juntas de concretagem. É normalmente provocada pela falta de tratamento do concreto endurecido antes do lançamento do novo concreto, associada a fenômenos de retração.

O mesmo autor, diz que também pode ser provocado quando a diferença de idade entre os dois concretos é muito grande, como nos casos de reforços, da mesma forma, por falta de tratamento adequado ou, ainda, não adoção de medidas específicas relativas a reforços.

Conforme Reis (2005), alguns problemas podem surgir nas juntas de concretagem e que podem ser causas de patologias: a primeira é a escolha da junta, e a outra é o tratamento a ser dado.

Normalmente não se dá muita ênfase a localização da junta, principalmente porque essa é uma solução improvisada e que geralmente fica nas mãos dos operários e encarregados, os quais não estão muito a par da distribuição dos esforços

nas estruturas. As juntas deveriam ser tão importantes quanto as demais partes da obra.

2.4.6. Nicho de concretagem

De acordo com Théchne (2006), mais do que um problema estético, os vazios ou nichos de concretagem, popularmente conhecidos como bicheiras, podem afetar a durabilidade e resistência das estruturas de concreto, que poderão sofrer deformações ou até mesmo entrar em colapso. As principais causas do problema são as falhas no processo de concretagem da estrutura, por exemplo, no lançamento ou adensamento do concreto. Algumas vezes, no entanto, a patologia pode ser causada por erro no detalhamento da armadura.

O mesmo autor relata que o tamanho máximo do agregado usado no concreto, dimensões das peças estruturais e distâncias horizontais e verticais entre barras de aço devem respeitar algumas regras para que os vazios de concretagem sejam evitados. "Para evitar esse tipo de patologia, além de seguir esses parâmetros, é preciso garantir a dosagem, lançamento e adensamento adequados do concreto".

2.4.7. Bolhas superficiais abertas

As bolhas que se encontram nas superfícies de estruturas de concreto armado é um dos problemas frequentes, Geyer (1995, p.13-27) fala que estas bolhas são geradas durante o processo de mistura e lançamento, devido a agitação do concreto. Onde uma parcela do ar presente na massa consegue ser expulsa, outra permanece durante a cura, visto que sua eliminação é dificultada devido a viscosidade do material. A água e o ar que permanecem no concreto tendem a se concentrar próximo das paredes das fôrmas, devido principalmente a precessão exercida pelo concreto. Com isso origina-se uma camada de cerca de 5mm composta por uma pasta de cimento seguida de outra com presença predominante de agregados miúdos. E é nesta região, mais externa, que são encontradas as bolhas.

2.4.8. Manchas

Segundo Silva (1993, p.3) existem diversas causas para a desuniformidade de cor do concreto, entre elas o autor cita:

- a) Variação na cor do cimento e da areia;
- b) Variação na relação água/cimento
- c) Concentração de aditivos em pontos localizados;
- d) Desmoldantes;
- e) Desforma em tempos diferentes;
- f) Impurezas no concreto;
- g) Movimento da água dentro das fôrmas devido aos gradientes de energia.

2.5. Desempenho estrutural

A deterioração precoce das edificações ou suas partes, e a decorrente perda de desempenho, é um problema constante em todo o mundo. Esta degradação ocorre em razão do envelhecimento precoce das mesmas, o qual geralmente é provocado pela baixa qualidade e durabilidade dos materiais de construção empregados, por problemas de projeto, execução inadequada e falta de manutenção, sobretudo, proporciona o surgimento de manifestações patológicas.

Possan e Demoliner (2013) definem desempenho como sendo o comportamento em uso. No caso de uma edificação pode ser entendido como as condições mínimas de habitabilidade (como conforto térmico e acústico, higiene, segurança, entre outras) necessárias para que um ou mais indivíduos possam utilizar a edificação durante um período de tempo.

Nos sistemas estruturais em concreto armado e protendido, destaca-se que as atividades relacionadas à manutenção, reparo e restauração das estruturas e suas partes correspondem a 35% do total do volume de trabalho do setor da construção civil e esse número vem aumentando nos últimos anos (GARCIA-ALONSO, 2007).

Possan (2010) relata que, ao passar dos anos, ocorreram grandes mudanças nos materiais de construção, ambiente de exposição e procedimentos de cálculos. Verificou-se que o concreto armado apresentava limitações e que somente o parâmetro resistência era insuficiente para atender às exigências de projeto. Então se

enfatizou a durabilidade destas estruturas e dos seus materiais constituintes, aliando posteriormente este conceito ao desempenho das mesmas, ou seja, ao comportamento em uso. Contudo, ainda faltava inserir nos projetos a variável “tempo”, surgindo então os estudos de vida útil.

Atualmente, fatores como competitividade, custos e preservação do meio ambiente estão novamente impondo mudanças na maneira de se conceber estruturas, exigindo que estas sejam projetadas de forma holística, pensando no seu ciclo de vida e nos custos associados. A partir do Custo do Ciclo de Vida, vários estudos podem ser conduzidos, com destaque às estimativas de custos de manutenção ao longo da vida útil, estudos de impacto ambiental, entre outros, auxiliando na seleção da melhor alternativa de projeto para novas estruturas ou de manutenção, reparo, reabilitação ou destinação final para estruturas existentes, (POSSAN, 2010).

Na figura 4, o Fib 53 (2010), demonstra o modelo conceitual, o qual compatibiliza com as concepções de qualidade (durabilidade), funcionalidade e Custo do Ciclo de Vida e impacto ambiental. O projeto de uma estrutura deve buscar a proporção adequada entre esses três fatores, atingindo o nível de excelência (nível 3 de realização).



Figura 4 - Combinação sistemática dos componentes para a sustentabilidade da construção
Fonte: Fib 53, (2010)

Para atingir esse equilíbrio é necessário projetar estruturas com elevada vida útil, pois quanto maior ela for menos recursos são precisos para a construção de novas estruturas. A NBR 15575 (2013) define vida útil como “uma medida temporal da durabilidade de um edifício ou de suas partes”.

Na norma ABNT 15575:2013, relata a durabilidade do sistema estrutural, que permite a conservação da segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil. A mesma norma, diz que os requisitos de deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural, não pode ocasionar deslocamentos ou fissuras excessivas aos elementos de construção vinculados ao sistema estrutural, levando-se em consideração as ações permanentes e de utilização, nem impedir o livre funcionamento de elementos e componentes da edificação.

2.6. Aspectos relacionados à execução do projeto

Conforme Brandão e Pinheiro (1999) a qualidade da execução deve ser minuciosamente especificada e posteriormente controlada e documentada durante a fase de construção, visto que exerce influência significativa na qualidade do concreto e nas dimensões obtidas na estrutura.

A durabilidade é um item essencial e com os devidos cuidados na fase de execução, de modo que se obtenham níveis satisfatórios de qualidade, principalmente no que se refere ao lançamento, ao adensamento e à cura do concreto. Os procedimentos de controle devem considerar tipo, forma, complexidade e sensibilidade da estrutura, tipo e grau de agressividade do ambiente e, também, experiência e competência do construtor.

O aumento da porosidade e, por consequência, da permeabilidade do concreto facilitam a penetração de substâncias nocivas, tornando-o mais suscetível aos ataques por agentes agressivos que podem conduzir à deterioração tanto do próprio concreto como do aço.

Conforme Andrade e Silva (2005), muitos problemas encontrados durante o uso das edificações têm sua origem na etapa de execução. Os problemas gerados na execução são devido ao grande número de atividades envolvidas, e grande número de profissionais atuando sem que se faça compatibilização dos trabalhos.

3. METODOLOGIA

3.1. Delineamento da Pesquisa

A presente pesquisa caracterizou-se como uma pesquisa exploratória, que assumiu a forma de estudo de caso, sendo desenvolvido por visitas diárias a um canteiro de obras, tendo uma abordagem qualitativa.

Foi realizado um acompanhamento do processo construtivo das estruturas em concreto armado, que se iniciou em março de 2015 e foi concluída em outubro de 2015. Após pós desfôrmas, as estruturas foram verificadas e apontadas as manifestações patológicas provenientes das falhas no processo construtivo.

A Figura 05 a seguir representa o delineamento da pesquisa que teve como propósito explicar de forma detalhada a maneira como o estudo foi desenvolvido.

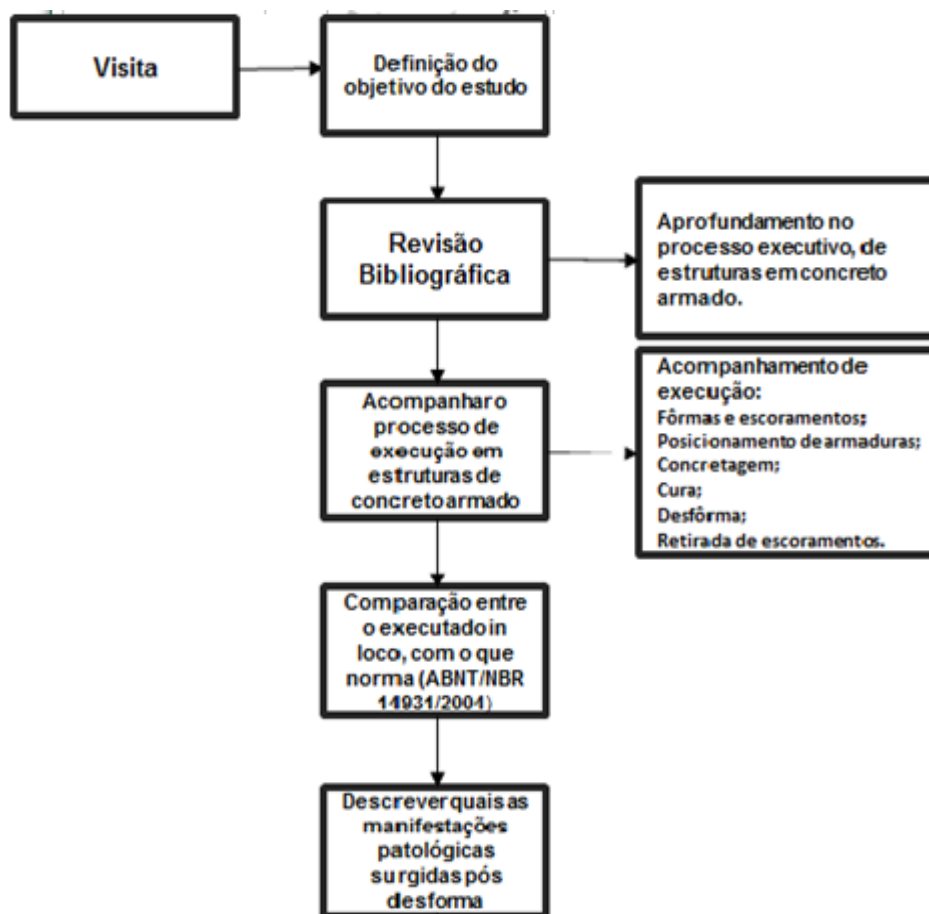


Figura 5 - Delineamento da pesquisa
Fonte: Da Autora, 2015

3.2. Primeira Etapa

A primeira etapa teve como objetivo conhecer o canteiro de obras e identificar qual estudo poderá ser abordado, após definida a escolha, iniciou-se as visitas *in loco* permitindo obter conhecimento prévio de todo processo construtivo, e com o auxílio do engenheiro de campo foi possível definir os objetivos de estudo.

3.3. Segunda Etapa

A segunda etapa focou no desenvolvimento da revisão bibliográfica, utilizando-se livros, artigos, manuais técnicos e normas para conceituar e desenvolver uma coerência no estudo, o que permitiu obter a fundamentação sobre o processo executivo de estruturas em concreto armado.

3.4. Terceira Etapa

Na terceira etapa foi utilizada uma câmera fotográfica como apoio para coleta de dados em campo, que registrou todo o processo de execução, permitindo a identificação das falhas no processo construtivo que não condiz com a norma 14.931:2004, as estruturas em estudo são: Sapatas, vigas, paredes e piso.

Utilizou-se como referência o fluxograma representado na Figura 6, obtido na bibliografia de Freire (2001), que demonstra as etapas de execução das estruturas em concreto armado, onde, através dele, foi possível acompanhar diariamente a sequência realizada para execução da mesma.

Assim sendo iniciadas pelo recebimento dos materiais, devendo ser destinados a lugares específicos evitando contato com agentes nocivos.

Por conseguinte, o material há se utilizado nas estruturas como o aço e as formas, são modificados sendo dobrados ou montados em um lugar destinado para esse tipo de atividade, sendo realizado as alterações necessárias para atender o projeto.

Para se iniciar a montagem da estrutura, deve ocorrer a preparação da área sendo regularizada e compactada. Na obra em estudo, utilizou-se o concreto magro como base para iniciar a montagem de armadura e fôrmas, após conclusão da montagem das estruturas, inicia-se a etapa de concretagem que se divide em

lançamento adensamento, nivelamento e acabamento do concreto.

Depois da concretagem realizada inicia o período de cura, sendo que cada estrutura tem um período diferente, e por último realiza a desforma da estrutura.

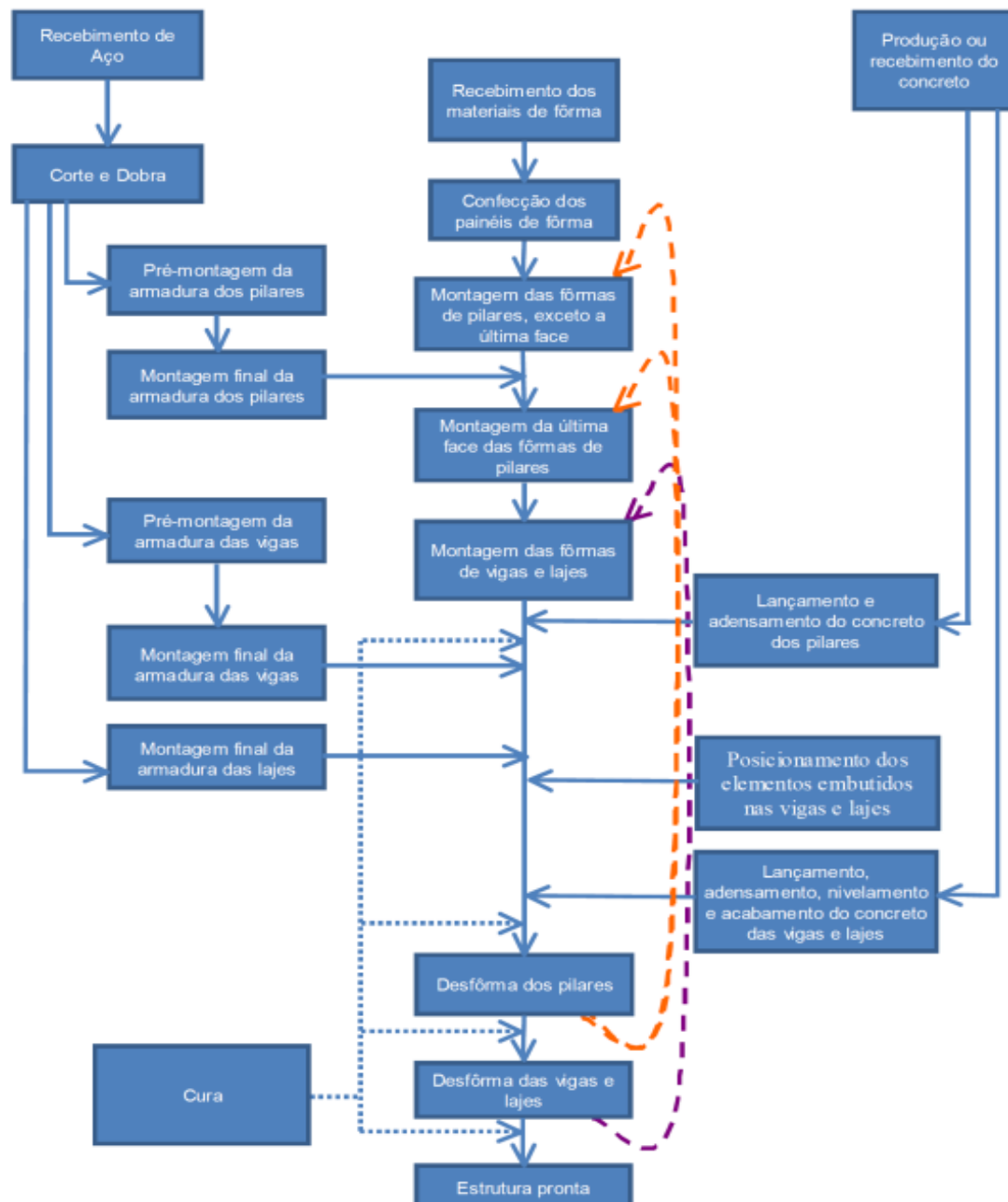


Figura 6 - Esquema genérico da produção de elementos de concreto armado
Fonte: Freire, (2001)

3.5. Quarta Etapa

Na quarta etapa foi realizada a comparação do processo executado em campo com os obtidos conforme a norma (ABNT/NBR 14931:2004), dos seguintes

itens: fôrmas, posicionamento de armação, concretagem, adensamento, cura, desforma. Anotações diárias colaborarão para averiguação do processo efetuado em campo, permitindo que ocorra a conferência com a norma em estudo.

3.6. Quinta Etapa

Nesta etapa, foi feita a identificação das manifestações patológicas pós desforma sendo elas, nichos de concretagem, segregação, bolhas de ar e fissuras provocadas por falhas na execução, e através dos dados de comparação do processo construtivo em obra com as diretrizes estabelecida pela norma (ABNT/NBR 14931:2004), foi possível identificar as possíveis falhas na execução que propiciou o surgimento das mesmas. Foram utilizadas fotos tiradas *in loco*, planilha com dados referente à concretagem e diário de obra, como auxílio para esclarecimento do surgimento das mesmas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização da obra

A obra escolhida para estudo de caso foi um terminal intermodal para transbordo e armazenagem de grãos, que tem como objetivo atender as solicitações crescentes de exportação de grãos pelo Porto de Itaqui, na capital maranhense e contribuirá para a redução de cerca de 400 caminhões por dia nas estradas com destino ao porto. O empreendimento está sendo realizada por uma construtora que possui obras em várias cidades do Brasil. Seu esquema de implantação pode ser visualizado na figura 7.



Figura 7. Esquematização em 3D da obra.
Fonte: da autora (2015)

A obra é constituída por estruturas em concreto armado *in loco*, pré-moldadas e estruturas metálicas. As estruturas em concreto armado obtidas na obra em estudo dividem-se em: sapatas, vigas, pilares, paredes, lajes e piso, obtendo um volume total de 6.977,68 m³ de concreto e 706.200 t de aço. O empreendimento ocupará uma área construída de 15.403 m² de um total de 600.000 m², sendo composto por:

Tabela 5 - Composição do empreendimento e suas áreas

TERMINAL INTERMODAL			
Composição do Empreendimento	Área (m²)	Composição do Empreendimento	Área (m²)
Edifício Administrativo	1.216,36	Gate	267,3
Área de Convivência	144	Balança	46,5
Apoio aos Motoristas	38,13	Tombador	1.594,92
Sanitário dos Motoristas	21,96	Armazém	6.849,08
Desenlonamento e Classificação	1.012,81	Silo	-
Depósito de Resíduos	80,58	Tulha	2.747,00
Subestação de Entrada	36,88	Abastecimento	-
Subestação de Transformação	202,8	Galerias	-
Elevador e Transportadora	1.041,00	Oficina	103,7
TOTAL DA ÁREA: 15.043,00 m²			

Fonte: da autora (2015)

4.2. Relação das manifestações patológicas

Na tabela abaixo está relacionada as manifestações patológicas que surgiram nas estruturas de concreto armado. É possível identificar que os maiores problemas são em relação ao aparecimento de nichos de concretagem e segregação, provenientes de falhas no processo construtivo das estruturas, podendo ser ocasionados por erro na etapa de lançamento é adensamento do concreto, devido ao não cumprimento da norma NBR14.931:2004.

Tabela 6 – Tipo de manifestações patológicas surgidas em cada estrutura

Fundação	Vigas	Paredes	Piso
Nichos de concretagem	Nichos de concretagem	Nichos de concretagem	Fissuras
Segregação	Segregação	Segregação	
Bolhas superficiais abertas	Fissuras	Bolhas superficiais abertas	

Fonte: da autora (2015)

4.2.1 Análise do Piso

O piso da obra em estudo caracteriza-se por apresentar o detalhamento demonstrado na figura 8, constituído por uma estrutura em que as armaduras são

dispostas em duas direções, podendo ser soldadas ou não, espaçadores que garantem o posicionamento entre as barras e a altura das camadas. Na referida figura pode-se observar ainda que há uma manta PEAD que garante a dessolidarização da camada de concreto, ou seja, permite que a camada de concreto trabalhe sem que surjam tensões que culminem em fissuras.

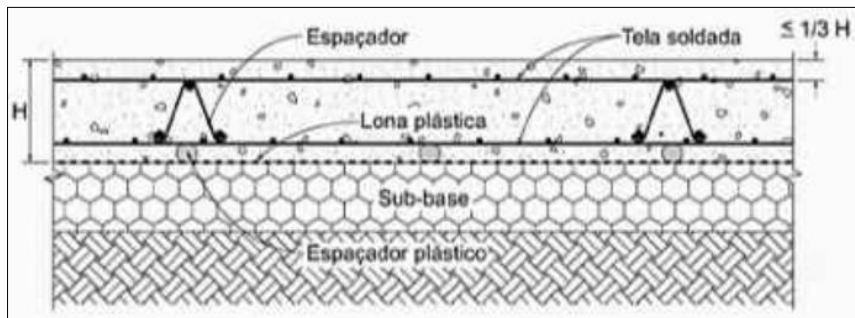


Figura 8. Detalhe de camadas e posicionamento de armaduras de piso industrial

Fonte: <http://pt.slideshare.net/moguerini/apres-construo> (2015)

A execução do piso da obra em estudo apresentou pontos nos quais há ocorrência de interrupção da manta PEAD, conforme as figuras 9 e 10. A manta PEAD se faz necessário para evita a umidade ascendente do solo para a superfície, e permite que o piso se movimente livremente sobre a sub-base.



Figura 9. Interrupção de manta PEAD de dessolidarização

Fonte: Da autora (2015)



Figura 10. Concretagem do piso, com interrupção da manta PEAD

Fonte: Da autora (2015)

Segundo o item 9.5.1 da NBR 14.931:2004, o lançamento de concreto deve ser precedido de alguns cuidados, tais como a remoção de detritos, e o concreto fresco deve estar livre de contaminação por solo.

O item 8.1.4 da mesma norma menciona cuidados com relação ao aço das armaduras como a ausência de ferrugem e substâncias deletérias que possam prejudicar o próprio aço, o concreto e a aderência entre esses materiais. Armaduras que apresentem tais agentes devem passar por processo de limpeza antes da concretagem.

Entretanto, foi possível identificar na obra em estudo a disposição de armaduras em solo instável, a presença de substâncias deletérias que em contato com o concreto poderá ocasionar pontos fracos na estrutura, reduzindo a aderência e prejudicando a resistência do concreto, e o início de processo oxidativo, conforme a figura 11.



Figura 11. Armadura de piso em contato com terreno encharcado e instável
Fonte: Da autora (2015)

4.2.2 Análise da Fundação

A obra em estudo é constituída por fundações superficiais, compreendendo basicamente as sapatas, sendo elas isoladas e associadas, assim sendo responsável pela utilização de 4.464,42m³ de concreto e 224.233,41t de aço, significando 63% de concreto e 32% de aço do total utilizado nas estruturas *in loco* da obra.

As sapatas são compostas por uma base e um cálice, permitindo que ocorra a ligação por meio do embutimento de um determinado trecho do pilar a estrutura, como se pode visualizar na figura 12.



Figura 12 - Caracterização da sapata

Fonte: http://faq.altoqi.com.br/content/182/1060/pt-br/lan%C3%A7amento-de-pilar-pre_moldado-isolado.html (2015)

Durante ou logo após o lançamento, o concreto deve ser vibrado e regularizado de forma contínua e adequada, garantindo o completo preenchimento dos espaços vazios, segundo o item 9.6.1 da NBR 14.931:2004. Essa técnica inibe o aparecimento de espaços vazios denominados nichos de concretagem e até mesmo a segregação dos materiais.

Segundo Souza e Ripper (1998), ao método de concretagem estão relacionadas falhas no transporte, no lançamento e no adensamento do concreto podendo ocasionar as referidas segregações, além da formação de ninhos de concretagem e de cavidades no concreto.

As figuras de 13 à 16 retratam nichos de concretagem possivelmente ocasionados pela incompatibilidade entre o diâmetro máximo do agregado, a taxa de armadura e a trabalhabilidade do concreto utilizado nas fundações da obra, sendo conveniente ressaltar que, mesmo havendo trabalhabilidade satisfatória para o dado tipo de serviços, a ocupação dos vazios não será alcançada caso haja incrustações de agregado nas armaduras.



Figura 13 - Ninho de concretagem em sapata armada.
Fonte: Da autora (2015)



Figura 14 - Taxas elevadas de armadura
Fonte: Da autora (2015)



Figura 15 - Ninho de concretagem em extremidade superior da sapata
Fonte: Da autora (2015)



Figura 16 - Ninho de concretagem em arranque de sapata
Fonte: Da autora (2015)

Pode-se observar ainda que a abertura de fôrmas durante a concretagem ocasionou problemas significativos ao longo da execução da obra. A Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 14931:2004, no item 7.2.2.3, relata que os elementos estruturantes das fôrmas devem ser dispostos de modo a manter o formato e a posição da fôrma durante toda sua utilização. A supracitada NBR ainda informa que, no período da concretagem de elementos estruturais de grande vão, deve haver monitoramento e correção de deslocamentos do sistema de fôrmas não previstos nos projetos.

Em vista disso nas figuras 17 e 18, permitem diagnosticar problemas no procedimento de montagem das fôrmas, percebe-se que o cimbramento realizado na estrutura não foi o suficiente para suportar o volume de concreto destinado ao cálice

da sapata, permitindo o escoamento do concreto. No dia seguinte, foi realizada a remoção do concreto através de um martelo pneumático, não sendo possível retirada total, em decorrência do aço presente na estrutura.

Falhas na execução da estrutura como esta, além de prejuízo financeiro, possibilita problemas por perda de resistência na estrutura, proporcionando o surgimento da junta de concretagem. Fig. (19 e 20)

Segundo COUTINHO (2010), uma vez formada a junta de concretagem a aderência se torna incipiente e sua resistência na tração à flexão na seção reduz consideravelmente diminuindo a capacidade de resistência a esforços cortantes da peça estrutural.



Figura 17 - Abertura da forma do cálice da sapata associada
Fonte: Da autora (2015)



Figura 18 - Vazamento do concreto pela abertura da forma
Fonte: Da autora (2015)



Figura 19 - Demolição de parte do cálice com martelo pneumático
Fonte: Da autora (2015)



Figura 20 - Demonstração do ponto máximo de retirada do concreto
Fonte: Da autora (2015)

4.2.3 Análise das Vigas

As vigas podem ser conceituadas como peças estruturais de concreto armado ou aço que trabalham na horizontal e servem para transferir cargas aos pilares. Na obra em questão se utilizam vigas conforme detalhado na figura 21, sendo compostas por:

- Armação Negativa: armaduras que ficam na parte superior de vigas, e sofrem, durante a deformação das peças estruturais, ação de momento fletor negativo.
- Armação Positiva: armaduras que ficam na parte inferior de vigas, e sofrem, durante a deformação das peças estruturais, ação de momento fletor positivo.
- Estribos: são posições de aço que tem a função de unir as barras de aço de vigas. Os estribos geralmente têm a bitola menor que as barras principais da peça estrutural.

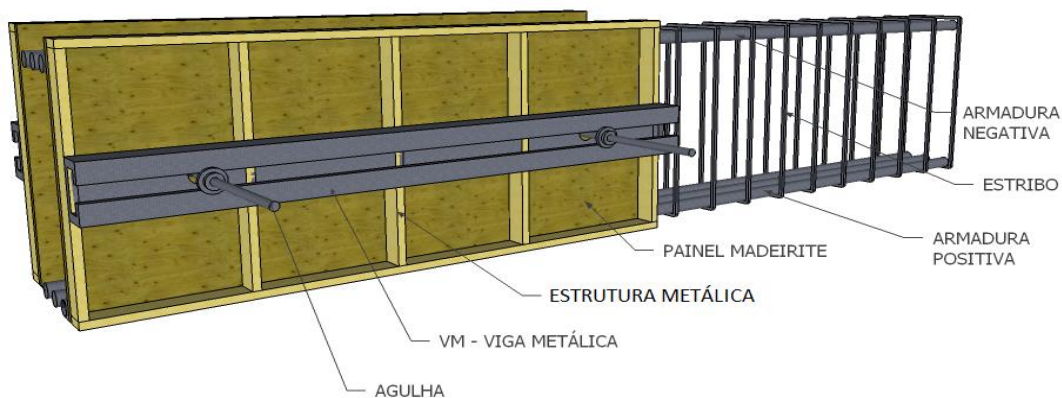


Figura 21 – Detalhamento dos elementos constituintes da viga

Fonte: <http://200pormetro.blogspot.com.br/2012/07/conceitos-de-estrutura.html> (2015)

Foi possível visualizar nas vigas da obra em estudo a ocorrência de manifestações patológicas, tais como ninhos de concretagem, fissuras e embarrigamento do concreto, resultante de falhas na execução das estruturas.

Uma das causas do surgimento das fissuras, de acordo com o item 10.1 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003) – NBR 14931/2004, é a cura inadequada, pois o concreto deve ser curado e protegido contra agentes prejudiciais, evitando a perda de água pela superfície exposta, assegurando uma superfície com resistência adequada e com a formação de uma capa superficial durável.

Mediante isto, o surgimento das fissuras em toda extensão da viga, visualizadas nas figuras 22 e 23, pode ser decorrente de uma provável retração superficial do concreto, surgida pela rápida evaporação da água da superfície do mesmo.



Figura 22 - Viga baldrame com fissuras mapeadas e ao longo das armaduras
Fonte: Da autora (2015)



Figura 23 - Fissuras mapeadas em superfície superior de viga baldrame
Fonte: Da autora (2015)

Segundo NEVILLE (1998), "a cura é a denominação dada aos procedimentos a que se recorre para promover a hidratação do cimento e consiste em controlar a temperatura e a saída e entrada de umidade para o concreto". (op. cit. p. 325)

Para DIAS, "a cura tem como objetivo manter a água de mistura do concreto no seu interior, até a completa hidratação do cimento". (op. cit., p. 270)

Outro problema presenciado na obra, é em relação a montagem das fôrmas. O item 9.2.1 da NBR 14.931/2004 relata que é necessária a verificação das condições de estanqueidade das juntas, de maneira a evitar a perda de pasta ou argamassa.

A observação *in loco* permitiu evidenciar problemas ocasionados tanto por falhas na vedação de juntas, podendo acarretar o surgimento de agregados na superfície do concreto, quanto por abertura da forma durante concretagem, conforme as figuras 24 e 25.



Figura 24 - Perda da nata de concreto pela junta
Fonte: Da autora (2015)



Figura 25 - Vazamento de concreto em forma de vigas
Fonte: Da autora (2015)

ASSAHI (2004), relata que a perda da nata durante a concretagem expõe a armadura aos agentes agressivos através dos vazios formados facilitando a sua despassivação e comprometendo a durabilidade da estrutura de concreto armado.

Outro aspecto notável foi em relação ao uso de espaçadores, a NBR 14.931:2004, especificamente no item 8.1.5.5, diz que podem ser feitos de concreto ou argamassa, que apresentem relação água/cimento menor ou igual a 0,5, e espaçadores plásticos, ou metálicos com as partes em contato com as fôrmas revestidas com material plástico ou outro material similar. Não devem ser utilizados calços de aço cujo cobrimento, depois de lançado o concreto, tenha espessura menor do que o especificado no projeto.

Nas figuras 26 e 27, observa-se a armadura da viga apoiada sobre safarros de madeira, comprometendo na qualidade da peça, pois esse tipo de material pode ser afetados por cupins e fungos, na qual pode influenciar na durabilidade e na aderência do concreto, e consequentemente prejudicando a resistência da estrutura.



Figura 26 - Armaduras de vigas apoiadas em sarrafos de madeira
Fonte: Da autora (2015)



Figura 27 - Armaduras apoiadas em sarrafos de madeira
Fonte: Da autora (2015)

4.2.4 Análise das Paredes

Conforme o item 9.5.1 da NBR 14.931:2004, o concreto deverá ser lançado com técnica que elimine ou reduza significativamente a segregação entre seus componentes, menciona-se que no lançamento do concreto em altura superior a 2m, os cuidados deverão ser maiores, para que se evite a segregação e falta de argamassa.

Posto isto, observando a figura 28, o processo executado na concretagem das paredes em concreto armado, constatado através de acompanhamento *in loco*, permitiu afirmar que o lançamento do concreto foi realizado em altura superior a 2 metros, e o adensamento em camadas maiores que 50 centímetros, possivelmente o motivo do surgimento da segregação, como demonstra a figura 29.



Figura 28 – Concretagem da parede de concreto armado
Fonte: Da autora (2015)

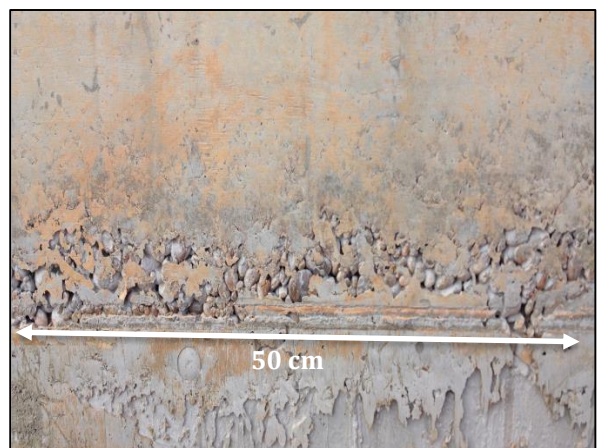


Figura 29 – Segregação do concreto na parede de concreto armado.
Fonte: Da autora (2015)

A supramencionada norma, no item 9.7, orienta que, quando houver o surgimento de junta de concretagem não prevista, devem ser tomadas medidas de precauções para garantir a suficiente ligação do concreto já endurecido, com o do novo trecho.

Segundo RIPPER, E. (1996), a junta fria deve ser pré-definidas, preferencialmente nos locais de menores esforços na estrutura, salientando que juntas muito inclinadas podem provocar desagregação do concreto, rolando as pedras mais pesadas até o pé da junta.

É possível verificar na figura 30 a formação de junta fria ocasionada por uma interrupção indesejada da concretagem, provocada por um vazamento na fôrma. A falta de tratamento adequado na formação da junta fria além de ter provocado uma possível perda na resistência da estrutura, propiciou o surgimento da segregação do concreto.



Figura 30 - Junta de concretagem na parede de concreto armado

Fonte: Da autora (2015)

RIPPER, E. (2009), recomenda que:

Para evitar o ricochete de agregados na queda da massa sobre o fundo da peça, que pode resultar em desagregação do concreto, aplica-se por uma janela na base da fôrma uma camada de argamassa de cimento e areia 1:1 com aproximadamente 2 cm de espessura, que servirá como amortecedor da queda e como envolvimento dos agregados, que caem antes da argamassa do concreto, por serem mais pesados". (ibid., p. 33-34)

A falta ou a má utilização de espaçadores permite que ocorra o recobrimento inadequado das armaduras de concreto armado, exigido pelo projeto. Tal fato, pode desencadear desde nichos de concretagem em curto prazo, a processos de corrosão das armaduras em longo prazo.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) – NBR 14931:2004 prevê no item 8.1.5.5 que o cobrimento especificado para a armadura no projeto deve ser

mantido por dispositivos adequados ou espaçadores e sempre referente à armadura mais exposta.

Com o acompanhamento diário da obra, foi possível evidenciar falhas na execução como demonstrada na figura 31, sendo utilizados espaçadores apenas em uma das faces da armadura. Após desforma das paredes, ouve o aparecimento de manifestações patológicas como nichos de concretagens aparentando ferragens expostas com recobrimento inferior ao especificado em projetos, provavelmente ocasionadas por falta de espaçadores na estrutura, como demostra figura 32.



Figura 31 – Ausência de espaçadores em uma das faces da armadura da parede
Fonte: Da autora (2015)

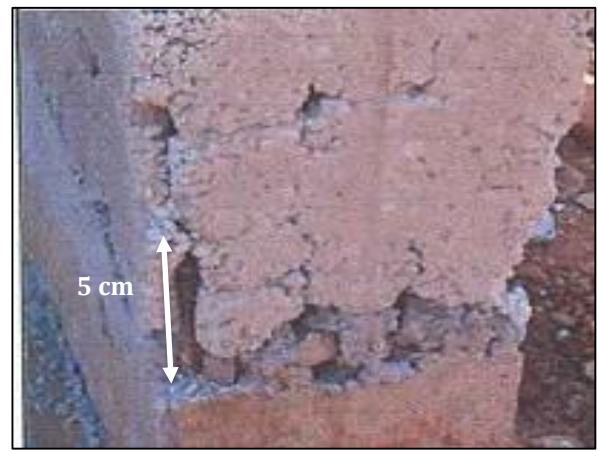


Figura 32 – Nicho de concretagem com armadura exposta
Fonte: Da autora (2015)

Os nichos de concretagem podem afetar a durabilidade e resistência das estruturas de concreto, que poderão sofrer deformações e em casos extremos até mesmo entrar em colapso. As principais causas do surgimento dessa manifestação patológica são as falhas no processo de concretagem da estrutura, sendo elas, na dosagem do traço, lançamento ou adensamento do concreto, podendo também ser causado por erro no detalhamento da armadura.

Portanto há NBR 14.931:2004 no item 9.6.1 diz que se caso ocorra alta densidade de armaduras, cuidados especiais devem ser tomados para que o concreto seja distribuído em todo o volume da peça e o adensamento se processe de forma homogênea.

Neste caso na figura 33, 34 e 35 possibilita observar que o congestionamento de ferragens retém o agregado graúdo e deixa passar apenas a argamassa, formando nichos de concretagem na parte superior do elemento estrutural.



Figura 33 – Nicho de concretagem na parede
Fonte: Da autora (2015)



Figura 34 – Elevada quantidade de armadura
Fonte: Da autora (2015)



Figura 35 – Nicho de concretagem em toda extensão da parede
Fonte: Da autora (2015)

4.2.5 Análise do Adensamento

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003) – NBR 14931:2003, no item 9.6.2, devem ser tomados as seguintes precauções durante o adensamento com vibradores de imersão:

- Recomendasse colocar o vibrador na posição vertical;
- Vibrar o vibrador em vários pontos ao longo do elemento estrutural;
- Remover o vibrador vagarosamente, mantendo-o sempre ligado, a fim de que a cavidade formada pela agulha se feche novamente;
- Evitar o contato do vibrador com a parede da fôrma, para que não ocorra formação de bolhas de ar na superfície da peça, mas que proporcione um adensamento uniforme e adequado em toda a massa de concreto, observando cantos e arestas, evitando a formação vazios;

No acompanhamento em campo referente à concretagem e adensamento da base da sapata, foram evidenciadas falhas no processo executado, conforme demonstrado na figura 33, é possível perceber que o vibrador é arrastado pelo concreto e se encontra com inclinação superior a 45° em relação à vertical na diagonal. Visualiza-se também na figura 34 a utilização do vibrador muito próximo a forma.



Figura 36 - Adensamento da base de uma sapata
Fonte: Da autora (2015)



Figura 37 - Adensamento próximo à forma
Fonte: Da autora (2015)

O processo de adensamento do concreto executado de forma inadequada acarreta consequências, tais como a redução da resistência mecânica, o aumento da permeabilidade e da porosidade e a insuficiência de homogeneidade da estrutura.

CÁNOVAS (1988), afirma que "uma vibração malfeita pode ocasionar problemas no concreto os quais aparecerão com sintomas patológicos diferentes, embora os mais frequentes sejam os nichos de concretagem e segregação. (op. cit., p.129).



Figura 38 – Sapata com nicho de concretagem
Fonte: Da autora (2015)



Figura 39 – Sapata com segregação
Fonte: Da autora (2015)

4.2.6 Análise das Fôrmas

A reutilização das fôrmas, o manuseio e estocagem faz com que as mesmas sofram variações, comprometendo a qualidade da estrutura. Segundo o item 7.1 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003) – NBR 14931:2003, o formato, a função, a aparência e a durabilidade de uma estrutura de concreto permanente não devem ser prejudicados devido a qualquer problema com as fôrmas, o escoramento ou sua remoção.

Sendo assim, é possível demonstrar, por meio das figuras abaixo, a qualidade em que se encontram as fôrmas após sucessivas utilizações, e pela ausência de cuidados das mesmas após o uso. Pode-se evidenciar que a aparência da estrutura ficou comprometida provavelmente pela qualidade e retirada das fôrmas utilizadas.



Figura 40 – Fôrmas sem limpeza
Fonte: Da autora (2015)



Figura 41 – Fôrma após sucessivas utilizações
Fonte: Da autora (2015)



Figura 42 – Sapata com variação do tom
Fonte: Da autora (2015)

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A realização deste trabalho de verificação do processo construtivo de estruturas de concreto armado possibilitou, o acompanhamento das atividades e reflexão das ações e decisões tomadas durante a execução de uma obra. Este estudo sinalizou a necessidade de estender essa verificação da execução das estruturas de acordo com a ABNT/NBR 14931/2004, buscando a realizar um comparativo do que a supracitada diz e o que ocorre em campo.

Sendo assim a análise da execução, em conformidade com a ABNT/NBR 14931/2004, utilizando como estudo de caso uma obra de um terminal intermodal para transbordo e armazenagem de grãos, permitiu ressaltar as seguintes impropriedades:

1. Na execução do piso, houve a ocorrência de interrupção da manta PEAD e até mesmo sua ausência, bem como foi possível identificar a disposição de armaduras em solo instável, a presença de substâncias deletéria e o início de processo oxidativo;

2. Na análise da fundação, destacou-se a ocorrência de nichos de concretagem e problemas no procedimento de abertura das fôrmas que acarretaram no escoamento do concreto;

3. O estudo das vigas indicou a presença de manifestações patológicas, tais como nichos de concretagem, fissuras e embarrigamento do concreto, resultante de falhas na execução das estruturas, problemas na montagem das fôrmas, em razão de falhas na vedação de juntas e armadura da viga apoiada sobre safarros de madeira, substituindo os espaçadores citados na supracitada normativa;

4. Na análise da parede, foi possível evidenciar falhas na execução, por meio da utilização de espaçadores em apenas uma das faces da armadura e, conseqüentemente, o aparecimento de manifestações patológicas como nichos de concretagem;

5. Na execução do adensamento, percebeu-se que o vibrador era arrastado pelo concreto e se encontrava com inclinação superior a 45° em relação à vertical na diagonal, bem como era utilizado muito próximo à fôrma.

6. Concernente às fôrmas, foi possível demonstrar as más condições das mesmas, após sucessivas utilizações e ausência dos devidos cuidados após o uso.

Mediante as incongruências apontadas, cabe salientar que o não atendimento as diretrizes da normativa apresentada resulta no comprometimento da qualidade da

obra e, conseqüentemente, na ocorrência de possíveis prejuízos financeiros provenientes de reparos.

Apesar do planejamento semanal de execução e acompanhamento diário dos engenheiros de campo, a grande quantidade de frente de serviço e a cobrança de realização no cronograma previsto, podem ter influenciado significativamente na qualidade das estruturas, surgindo assim as manifestações patológicas.

O estudo da execução de estruturas de concreto armado é a base para que as empresas possam melhorar suas tomadas de decisões visto que é de extrema importância a implantação da qualidade no canteiro de obras, evitando perdas financeiras e otimização do tempo.

Por ser um estudo de caso, esta pesquisa tem uma importância significativa para a empresa, pois motivou os gestores a se interessar em implantar uma área de qualidade em campo, utilizando a norma 14.931/2004, como parâmetro, assim executando estruturas com melhor qualidade, e prosseguindo com a metodologia para outras obras.

Além disso, o trabalho possibilitou conhecer quais principais falhas em campo permitindo identificar as manifestações patológicas geradas por possíveis erros de execução.

Sendo assim, o presente estudo poderá contribuir para dos diagnósticos das futuras manifestações patológicas da obra em estudo.

No aspecto científico é notável que a busca pela evolução e melhoria da qualidade da construção civil está também, relacionado ao processo da produtividade da mão de obra, no gerenciamento dos processos de execução das atividades uma vez que se busca uma gestão de qualidade com sustentabilidade, além de assegurar a otimização do desempenho técnico e da produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESC, “Manual do concreto dosado em central”. In: Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil, São Paulo, 2007.

ADÃO, F. X; **Desenho de concreto armado**. 29p. Rio de Janeiro: Editora Tecnoprint S.A, 1980.

AMBROSIO, T. S. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004. 128 p.

AMORIM, A.A. **Durabilidade das estruturas de concreto armado aparentes**. Belo Horizonte, 2010.

ANDRADE, E. D; **Desenvolvimento pessoal e profissional**. Rio de Janeiro. Programa Gortardo de Formação Continuada, 2012.

ANDRADE, P. H. **Evolução do concreto armado**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

ARAÚJO, L. O. C., FREIRE, T. M. **Tecnologia e gestão de sistemas construtivos de edifícios**: Notas de aula da disciplina Tecnologia de Produção de Edificações em Concreto Armado. São Carlos: Departamento de Engenharia Civil, 2004, 86p.

ASSAHI, P. N. **Concreto, Pesquisa e Realizações – IBRACON – Capítulo 14**, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 12655:2006**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 15696:2009** Fôrmas e escoramento para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimento executivos. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 15575:2013** Desempenho de Edifícios Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7480**: Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado. Rio de Janeiro, 1996. 7p.

BARROS, M.M.S.B.; MELHADO, S.B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo: Projeto Epusp/Senai 1998. 40 p.

BARROS, M.M.S.B; MELHADO, S.B. **Recomendações para a Produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

BRANDÃO, A.M.S; PINHEIRO L.M. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**, N° 8, São Carlos, 1999.

CARVALHO, J. D. N; A “pré-história” do Concreto. **Revista Tecnológica**, v. 17, 19-28p, São Paulo, 2008.

FACHINI, A.C. **Subsídios para a programação da execução de estruturas de concreto armado no nível operacional**. 214p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

FAJERSZTAJN, H. **Fôrmas para concreto armado: aplicação para o caso do edifício**. 1987. 247p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

FAQ.ALTOQI, **Lançamento de pilar pré-moldado isolado**. Disponível em: <http://faq.altoqi.com.br/content/182/1060/pt-br/lan%C3%A7amento-de-pilarpre-moldado-isolado.html>. Acesso em: 20 de setembro de 2015.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON (FIB 53) **Structural Concrete Textbook on behaviour, design and performance**. Second edition, Volume 3: Design of durable concrete structures, 2010, 390p.

FRANCO, B. L. M; A tecnologia do concreto reforçado com fibras de aço. Concreto e construções. 42-47p, 2008.

FREIRE, T. M. **Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações**: caracterização das principais tecnologias e fôrmas de gestão adotadas em São Paulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 325p., 2001.

FUSCO, P.B. **Técnica de armar as estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1995.

GARCÍA-ALONSO , M. C.; ESCUDERO, M. L.; MIRANDA, J. M.; VEGA , M. I.; CAPILLA, F.; CORREIA, M. J.; SALTA, M.; BENNANI, A.; GONZÁLEZ, J.A. Corrosion behaviour of new stainless steels reinforcing bars embedded in concrete. **Cement and Concrete Research**, 37, p.1463–1471, 2007.

GEYER, A.L.B. **A melhoria da qualidade das superfícies do concreto através da drenagem com fôrmas revestidas internamente por um geotêxtil**. 1995. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pos-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GIAMMUSSO, S. E. **Manual do concreto**. São Paulo: Pini Editora, 1992. 161p.

HELENE, Paulo R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. 1993. 231 f. Tese (Livre- Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

LOTERMAN, A. F. **Patologias em Estruturas de Concreto**. Estudo de Caso, Ijuí, 2013. 66 p

MITIDIERI, C, V; SOUZA, J, C, S; BARREIROS, T, S. **Sistema construtivo de paredes de concreto moldadas no local: aspectos do controle de execução**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 54, 2012, Maceió. Anais. Alagoas: IBRACON, 2012, p 1-8.

PETRUCCI, E.G.R. **Concreto de cimento Portland**. Rio de Janeiro: Ed. Globo, 1987.

PIANCASTELLI, Euvio M. **Patologias, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. Ed. Dept. Estruturas da EEUFMG. 1997. 160 p.

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano**. 2010. Tese de doutorado (Doutorado em engenharia) - Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C.A. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: Abordagem geral**. Revista Técnico Científica, 2013.

REIS, A. M. **Concreto Aparente: Como Evitar Danos na Execução e Conservação. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil)**. Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005. 92 p.

SOUZA, A. L. R.; MELHADO, S. B. **Projeto e execução de lajes racionalizadas de concreto armado**. São Paulo: Editora em nome da rosa, 2002.

SOUZA, R; MEKBKIAN, G. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras**. São Paulo: Pini, 1996.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª.ed. São Paulo: Pini Ltda, 2009.

STR CONSTRUÇÕES. **Conceitos de estrutura**. Disponível em: <http://200pormetro.blogspot.com.br/2012/07/conceitos-de-estrutura.html>. Acesso em: 20 de outubro de 2015.

TAKATA, L. T. O; **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado**. (Pós-graduação em engenharia) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, São Carlo, 2008.

TÉCHNE, **Vazios de Concretagem**. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/109/artigo287074-1.aspx>. Acesso em: 02 de Junho de 2015.

VASCONCELOS, A.C. **O concreto no Brasil – Recordes, Realizações, História.** São Paulo, Ed. Pini, 2a ed., v.1, 1985, 277p.

VERÇOZA, J. E. **Patologia das edificações.** Porto Alegre: Sagra, 1991.