UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Planejamento da Execução de Paredes de Concreto Armado: Um Estudo de Caso

Gabriela Miranda de Morais

GOIÂNIA
2017

Gabriela Miranda de Morais

Planejamento da Execução de Paredes de Concreto Armado: Um Estudo de Caso

Monografia apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Orientador: Prof. Enio J. Pazini Figueiredo

GOIÂNIA

2017

Gabriela Miranda de Morais

Planejamento da Execução de Paredes de Concreto Armado: Um Estudo de Caso

Monografia parcial apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Aprovado em 6 / 7 / 2017.

Prof. Dr. Enio J. Pazini Figueiredo (Orientador)
Universidade Federal de Goiás

Profª. Drª. Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Goiás

Eng. Abrão Hene Vieira Filho (Examinador Externo)
Engenheiro Civil

Atesto que as revisões foram feitas:

Orientador
Em: 10 / 07 / 2017

RESUMO

O mercado da construção civil exige que as obras sejam executadas com prazo enxuto, mas que resultem em edificações com qualidade, baixo custo de execução e manutenção, e que atendam às atuais tendências de sustentabilidade. Neste contexto, a estrutura de uma edificação representa o gabarito da obra e as falhas desta etapa impactam de maneira significativa no desempenho da edificação de uma maneira geral. Dessa maneira, este trabalho tem o objetivo geral de demonstrar a importância de planejar e acompanhar a execução das estruturas de concreto armado, e como objetivo específico, analisar as atividades que envolvem a execução do sistema de paredes de concreto, por meio de um estudo de caso, possibilitando que ao final sejam propostas melhorias no procedimento de execução da atividade. A fim de atingir estes objetivos foi realizado o levantamento de dados de controle tecnológico e de qualidade, bem como foi realizado o acompanhamento do procedimento de execução de uma obra em Goiânia, cujo sistema construtivo é o de paredes de concreto. Os dados utilizados foram os das Fichas de Verificação de Serviço preenchidas pela própria obra. Os resultados de aprovação e reprovação dos critérios dos serviços foram coletados e analisados, relacionando as possíveis falhas decorrentes do procedimento, sendo que os resultados demonstraram que o item avaliado com maior índice de reprovações foi o "travamento da fôrma", com 68,75% de reprovação. A partir dos resultados obtidos foi possível propor melhorias no procedimento de execução, a fim de reduzir a incidência de tais falhas e manifestações patológicas e, portanto, melhorar qualidade das estruturas.

Palavras chave: Paredes de concreto. Manifestações Patológicas. Planejamento da execução.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gestão de canteiro: foco no equilíbrio 10
Figura 2 - Fluxograma da produção de estruturas de concreto armado 16
Figura 3 - Estrutura de concreto armado após desforma 22
Figura 4 – Estrutura com forma de madeira com escoramento metálico 23
Figura 5 - Rugosidade de estrutura executada com moldes plásticos 23
Figura 6 - Armação e tubulações elétricas apoiadas sobre assoalho de madeira 24
Figura 7- Fôrma e contraventamento de madeira para pilares 27
Figura 8 - Fôrma de madeira para estrutura circular com chapa resinada 27
Figura 9 - Fôrma metálica para paredes de concreto 28
Figura 10 - Elementos de painéis de PVC 29
Figura 11 - Uso de fôrmas de PVC para paredes 29
Figura 12 - Fôrma de papelão para pilares de seção circular escorados com peças de madeira 30
Figura 13 - Pilar de seção circular com fôrma de papelão, já concretado 30
Figura 14 - Armação de pilar de seção retangular 33
Figura 15 - Armação de pilar de seção circular 34
Figura 16 - Tesoura para de corte de barra de aço 35
Figura 17 - Bancada de policorte (central de armação em canteiro de obra) 35
Figura 18 - Equipamento de corte hidráulico de barras de aço 36
Figura 19 - Esquema de execução de dobra de barras de aço 37
Figura 20 – Pré-montagem de armadura de pilar de seção retangular 38
Figura 21 - Tipos de espaçadores para armadura 39
Figura 22 - Armação de viga já montada na fôrma de madeira com espaçadores 39
Figura 23 - Colocação de armadura 40
Figura 24 - Ensaio de abatimento do tronco de cone 41
Figura 25 - Moldes de corpos de prova para ensaio de resistência à compressão do concreto 42
Figura 26 - Lançamento de concreto com bomba lança 47
Figura 27 - Lançamento do concreto direto do caminhão betoneira 47
Figura 28 - Adensamento com vibrador de imersão 48
Figura 29 - Adensamento com uso de régua vibratória 49
Figura 30 - Cura úmida do concreto 51

Figura 31 - Cura do concreto através do uso de manta úmida 51
Figura 32 - Escoramento residual 52
Figura 33 - Fôrmas metálicas para parede de concreto 59
Figura 34 - Fôrmas metálicas com compensado 60
Figura 35 - Fôrmas plásticas 61
Figura 36 - Rede elétrica já posicionada na armação 62
Figura 37 - Tolerâncias para o comprimento da parede 65
Figura 38 - Tolerância para desvios horizontais 66
Figura 39 - Tolerância para desaprumo 66
Figura 40 - Esquema de escolha dos pontos de concretagem 68
Figura 41 - Flow test 76
Figura 42 - Ficha de verificação do serviço de Parede de Concreto 77
Figura 43 - Uso de distanciadores 79
Figura 44 - Tela montada com vergalhões de apoio e instalações elétricas 80
Figura 45 - "Gravata" com "camisinha" já posicionada na fôrma 81
Figura 46 - Fixação com pinos e cunhas 81
Figura 47 - Conjunto de reescoramento 82
Figura 48 - Escoras, alinhadores e esquadros 82
Figura 49 - Tensores de portas e alinhadores 83
Figura 50 - Concretagem 84
Figura 51 - Percentual de reprovações 85
Figura 52 – Resultados flow test 86
Figura 53 - Resultado da resistência à compressão com 12 horas 86
Figura 54 - Resultado da resistência à compressão com 14 dias 87
Figura 55 - Resultado da resistência à compressão com 28 dias 87
Figura 56 - Resultado da resistência à compressão com 63 dias 88
Figura 57 - Escorrimento de nata de concreto em caixinhas elétricas 89
Figura 58 - Falha de posicionamenteo de caixinhas elétricas 89
Figura 59 - Posicionamento de espaçadores 90
Figura 60 - Aparência das paredes após a desforma e estucagem 92
Figura 61 - Formação de saliências nas paredes 93
Figura 62 – Junta fria e nicho de concretagem 95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tolerâncias dimensionais para as seções transversais de elementos estruturais lineares e para a espessura de elementos estruturais de superfície..... 43

Tabela 2 - Tolerâncias dimensionais para o comprimento de elementos estruturais lineares 44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10

1.1 JUSTIFICATIVAS 12

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO 14

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO 15

2 PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO 16

2.1 CANTEIRO DE OBRA 17

2.2 O CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND 18

2.2.1 O concreto preparado por empresa de serviços de concretagem 18

2.2.2 O concreto autoadensável 19

2.2.3 O pedido de concreto preparado 20

2.3 SISTEMA DE FÔRMAS 22

2.3.1 Importância da fôrma no tripé qualidade x prazo x custo 25

2.3.2 Tipos de sistemas de fôrmas para concreto armado 26

2.4 ARMAÇÃO 31

2.4.1 Recebimento e armazenamento do aço 32

2.4.2 Corte 34

2.4.3 Dobra 36

2.4.4 Pré-montagem 37

2.4.5 Montagem e posicionamento da armadura 38

2.5 CONCRETAGEM 40

2.5.1 Cuidados preliminares 43

2.5.2 Transporte do concreto 45

2.5.3 Lançamento 46

2.5.4 Adensamento 48

2.6 CURA E RETIRADA DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS 49

2.6.1 A cura do concreto 49

2.6.2 Retiradas das fôrmas e do escoramento 51

2.7 CONCRETAGEM EM TEMPERATURA MUITO QUENTE E TEMPERATURA MUITO FRIA 52

2.7.1 Concretagem em temperatura muito quente 52

2.7.2 Concretagem em temperatura muito fria 53
2.8 AS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DEVIDO A FALHAS DE PROJETO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO 54
2.8.1 Trincas e fissuras 54
2.8.2 Nichos de concretagem 55
2.8.3 Juntas frias de concretagem 56
2.8.4 Exsudação 56
3 O SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO 57
3.1 SISTEMA DE FÔRMAS PARA PAREDES DE CONCRETO 58
3.1.1 Principais tipos de sistema de fôrmas para paredes de concreto 59
3.1.2 Montagem 61
3.2 ARMADURA 63
3.2.1 Recebimento, transporte e armazenagem 64
3.2.2 Preparo e montagem da armadura 64
3.3 CONCRETAGEM 64
3.3.1 Tolerâncias 64
3.3.2 Recebimento do concreto 67
3.3.3 Lançamento do concreto 67
3.3.4 Cura 69
3.3.5 Controle tecnológico do concreto 70
3.4 INSTALAÇÕES 71
3.4.1 PORTAS E JANELAS 71
3.4.2 Rede hidráulica 71
3.4.3 Rede elétrica 72
3.4.4 Acabamentos 72
4 METODOLOGIA 74
4.1 ESCOLHA DO EMPREENDIMENTO 74
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO 74
4.3 COLETA DE DADOS NO CANTEIRO DE OBRAS 75
4.4 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS 77
4.5 PROPOSTAS DE MELHORIAS 78
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 79
5.1 A EXECUÇÃO DA ESTRUTURA EM PAREDE DE CONCRETO 79
5.2 CONFORMIDADES E NÃO CONFORMIDADES 84

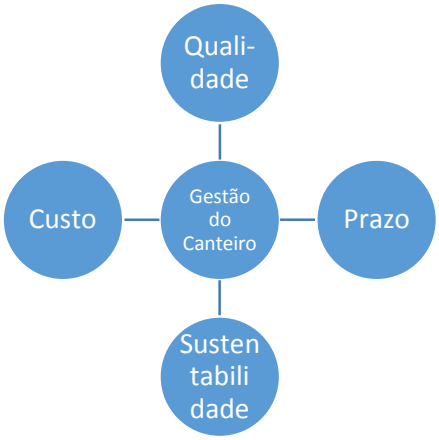
5.3 FALHAS DURANTE A EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS 88
5.3.1 Instalações 88
5.3.2 Malha de aço 90
5.3.3 Montagem de fôrma 91
5.3.4 Concreto 93
5.3.5 Desforma 94
5.3.6 Outras falhas identificadas 94
6 CONCLUSÕES 96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 98

1 INTRODUÇÃO

O mercado da Construção Civil tem exigido que os empreendimentos sejam construídos em prazos apertados e custos baixos para que sejam viáveis economicamente. No entanto, muitas vezes tais condições de custo e prazo impactam na falta de qualidade e zelo no momento da execução da edificação.

Segundo Fabrício (2016), o engenheiro civil, porém, deve atender ao tripé prazo, custo e qualidade em todas as etapas construtivas de sua obra, entendendo que ao prezar pela boa técnica alinhada a um bom planejamento e controle das atividades reduzirá o prazo da construção e deixará de ter custos com manutenções devido às manifestações patológicas causadas pela falta de qualidade na fase de execução da obra, além da garantia de atendimento aos requisitos de desempenho e vida útil da edificação. Um bom gestor de canteiro de obras também deve atentar-se para o atendimento da sustentabilidade, através da escolha de fornecedores de materiais que se preocupem em reduzir os impactos causados ao meio ambiente durante as etapas de fabricação e logística de entrega dos materiais, da redução dos índices de consumo, reduzindo a quantidade de resíduos, destinação correta dos resíduos da construção e uso consciente de água e energia no canteiro. A Figura 1 demonstra que com o equilíbrio entre custo x prazo x qualidade x sustentabilidade há a otimização da gestão do canteiro de obras.

Figura 1 - Gestão de canteiro: foco no equilíbrio



O planejamento da produção é imprescindível para que as atividades sejam executadas da melhor maneira possível, uma vez que garante que todos os insumos necessários, como mão-de-obra e material, estejam disponíveis na data planejada para a execução, evitando a ocorrência de improvisos que comprometam a qualidade da atividade ou que seja executada inadequadamente com o objetivo de recuperar atrasos no início da atividade.

Controlar e medir o desempenho das atividades dará ao engenheiro da obra dados para comparação com o que foi estipulado na fase de planejamento. Neste momento, deve ser feita uma análise crítica com o objetivo de pré-determinar se será possível alcançar as metas de finalização das atividades dentro do prazo e com qualidade. Em caso de não atendimento ao planejado, devem ser tomadas as ações corretivas necessárias para a melhoria do desempenho da produção.

Para Freire (2001) a execução da estrutura de um edifício é uma das atividades mais importantes do processo de construção e é o caminho crítico para o início de todas as atividades subsequentes de uma obra. Quando executada de maneira inadequada impacta não somente no cronograma da obra, visto que atrasos na etapa de estrutura são quase irrecuperáveis, mas também no custo total da construção, através do aumento da espessura de revestimentos, possível surgimento de manifestações patológicas e comprometimento do desempenho estrutural da edificação.

Segundo Sitter (1984), os custos de intervenção na estrutura, para atingir um certo nível de durabilidade e proteção, crescem exponencialmente quanto mais tarde for essa intervenção e a evolução desse custo pode ser assimilada ao de uma progressão geométrica de razão 5, conhecida como “Lei dos 5” ou Regra de Sitter. Dessa maneira, toda medida tomada em nível de projeto com o objetivo de aumentar a durabilidade e a proteção da estrutura implica um custo que pode ser associado ao número 1 (um). As medidas tomadas durante a fase de execução propriamente dita, implica um custo 5 (cinco) vezes superior ao custo que acarretaria tomar uma medida equivalente na fase de projeto, para obter-se o mesmo nível final de vida útil da estrutura. As operações de manutenção preventiva necessárias para assegurar as boas condições da estrutura durante o período da sua vida útil, podem custar até 25 (vinte e cinco) vezes mais que medidas corretas tomadas na fase de projeto. Já à

manutenção corretiva, correspondente aos trabalhos de diagnóstico, reparo, reforço e proteção de estruturas que já perderam sua vida útil de projeto e apresentam manifestações patológicas evidentes, pode-se associar um custo 125 (cento e vinte e cinco) vezes superior ao custo das medidas que poderiam e deveriam ter sido tomadas na fase de projeto.

A Regra de Sitter corrobora a afirmativa de que o tripé qualidade, custo e prazo depende de um bom planejamento, pois ao planejar a obra previamente, durante a fase de projeto, é possível identificar boa parte dos ofensores à execução da edificação e posteriormente tomar as ações que se façam necessárias a fim de reduzir drasticamente o aparecimento de imprevistos durante a fase da execução propriamente dita.

Os edifícios produzidos em concreto armado tradicionalmente recebem a denominação de “convencionais”, e este é o sistema estrutural mais utilizado no país para edifícios de múltiplos pavimentos. O concreto é um material composto, constituído por cimento, água, agregado graúdo (brita) e agregado miúdo (areia), e ar. Pode também conter adições (cinza volante, pozolanas, sílica ativa etc.) e aditivos químicos com a finalidade de melhorar ou modificar suas propriedades básicas. O concreto armado nada mais é do que a junção de concreto e armaduras de aço, em quantidade superior à mínima especificada em norma, com as vantagens de assumir qualquer forma, com rapidez e facilidade, e proporcionar a necessária proteção ao aço contra a corrosão, além de boa resistência.

Unindo a tecnologia do concreto armado convencional à construção industrializada, surge o sistema de Paredes de Concreto, que para Missurelli e Massuda (2009), é um método construtivo que proporciona maior produtividade, qualidade e economia de escala, em que vedação e estrutura compõem um único elemento, moldados “in loco”, que podem ter embutidas instalações elétricas, hidráulicas e esquadrias.

1.1 JUSTIFICATIVAS

Para uma obra cujo sistema estrutural adotado é o concreto armado, um dos maiores gargalos é a execução da estrutura com qualidade, dentro dos prazos e custos previstos no planejamento financeiro-temporal e com baixo custo de manutenção, o que é consequência

de uma estrutura produzida com qualidade. Para que isso seja uma meta possível de ser alcançada, tudo deve partir de um bom planejamento e controle da execução e controle tecnológico.

Planilhas, referências, softwares; diversas são as ferramentas disponíveis no mercado que podem ser utilizadas visando melhorar a produção de uma obra em todas as suas etapas. Com elas é possível ter uma visão do futuro da obra, identificando previamente os problemas que possam ocorrer nas mais diversas áreas que fomentam a produção na construção civil. Nesta etapa, é possível determinar os prazos, as metas, métodos de controle, os custos e em caso de identificação de situações indesejadas, trazer soluções prévias que sejam tomadas com a consciência técnica do engenheiro, evitando que as decisões em todas as fases da obra sejam tomadas no canteiro; este cuidado deve ser redobrado na fase de estrutura.

O engenheiro de obras deve ter domínio sobre todo o processo construtivo, pois somente assim será capaz de tomar as melhores decisões acerca do método empregado por sua equipe de campo, além de executar todo o controle a fim de garantir que tudo esteja saindo como o planejado, pois segundo Rocha Lima Jr (1990), quando o campo da construção fica em segundo plano, a rentabilidade fica comprometida, pois os custos se desviam dos previstos, por força de prazos não cumpridos ou necessidade de retrabalhos.

Segundo Zorzi (2002), a execução da estrutura da obra representa o “caminho crítico” no cronograma de atividades de obra e determina o início de todas as atividades subsequentes, sendo impraticável a recuperação de eventuais atrasos, deve-se destacar também que o custo da estrutura de concreto armado representa em linhas gerais cerca de 20% do custo total da construção. Considerando esta estatística associada à Regra de Sitter, uma estrutura mal executada que demande manutenção corretiva poderá ter um gasto a mais de 25 (vinte e cinco) vezes o valor da obra, ou seja, com o custo dispendido em manutenções que podem ser evitadas, seria possível construir vinte e cinco empreendimentos, ao invés de um.

Para executar a estrutura de concreto armado, são necessárias as etapas de fôrma, armação e concretagem de tal maneira que todos as subatividades da estrutura desempenham papéis fundamentais em seu resultado final.

Segundo Freire (2001), a estrutura representa o “gabarito da obra”. Assim, a má execução estrutura irá afetar todas as atividades posteriores, incorporando perdas em espessuras de

revestimento acima do especificado, imprecisão geométrica e o principal, que é o aumento da probabilidade de surgimento de manifestações patológicas e comprometimento do desempenho estrutural da edificação.

Em 06 de fevereiro de 2017 foi divulgado pelo jornal O Estado de São Paulo um levantamento preocupante realizado pelo Ministério da Transparência: 48,9% dos imóveis da faixa 1 do programa de habitação Minha Casa Minha Vida apresentam falhas de execução. As principais manifestações patológicas são trincas e fissuras (30,8%), infiltração (29%), vazamentos (17,6%) e cobertura (12,3%), sendo que em algumas residências ocorreram mais de uma manifestação patológica.

Por ser um método construtivo industrializado e racionalizado, a Parede de Concreto tem sido muito utilizada na construção de Habitações de Interesse Social e do programa Minha Casa Minha Vida, conforme ensina Mayor (2015). Para que o empreendimento se torne viável economicamente existem diversas variáveis que devem ser analisadas previamente, mas durante a fase de construção é imprescindível que o engenheiro seja capaz de fazer uma gestão equilibrada entre custo, prazo, qualidade e sustentabilidade no canteiro de obras.

Assim, somente com um planejamento eficaz e controle eficiente, é que será possível obter um custo favorável da edificação e boa qualidade na execução de uma estrutura que dificilmente apresentará manifestações patológicas no futuro. Dada a importância da estrutura e do custo global de uma obra para o mercado da construção civil, esta forma de gestão da produção possui abordagem deficitária durante a graduação de engenheiros, e por isso deve ser estudada mais a fundo, formando assim profissionais capazes de conciliar prazo, custo, qualidade e sustentabilidade na execução de estruturas de concreto armado.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho tem por objetivo geral avaliar a importância de planejar e controlar a execução de estruturas de concreto armado, a fim de otimizar os resultados e melhorar a qualidade da edificação com foco especial em evitar a ocorrência de manifestações patológicas.

Este trabalho tem como objetivo específico, por meio do estudo de caso, analisar as atividades precedentes e durante a execução propriamente dita de uma obra cujo sistema seja o de

paredes de concreto, destacando o planejamento e o controle tecnológico feito durante o processo, a fim de gerar indicadores de desempenho da qualidade, destacando os pontos positivos e negativos. Portanto, o trabalho visa a otimização da execução de estruturas de paredes de concreto armado em novos empreendimentos.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de conclusão de curso é composto por seis capítulos.

O primeiro capítulo é a introdução e apresenta os objetivos gerais e específicos, as justificativas e a estrutura que compõe o trabalho.

No segundo capítulo serão abordadas as etapas de produção de uma estrutura de concreto, desde a produção do material concreto até a cura da peça concretada e suas particularidades.

No terceiro capítulo, já conhecido todo o processo construtivo de estruturas de concreto, será estudado então o processo de Paredes de Concreto.

O capítulo quatro apresenta a metodologia experimental adotada para a execução de pesquisa do trabalho, com o estudo de caso de uma obra de parede de concreto armado.

No capítulo cinco são apresentados e analisados os resultados obtidos a partir da coleta de dados.

Já no capítulo seis será feita a apresentação das conclusões e discute o cumprimento dos objetivos deste trabalho.

2 PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

A produção de estruturas de concreto, sugerida por Freire (2001), passa pelas etapas abaixo e é demonstrada no fluxograma da Figura 2:

I. Adequação da logística do canteiro de obras de tal maneira que a estrutura seja executada da melhor maneira;

II. Escolha do concreto que será utilizado;

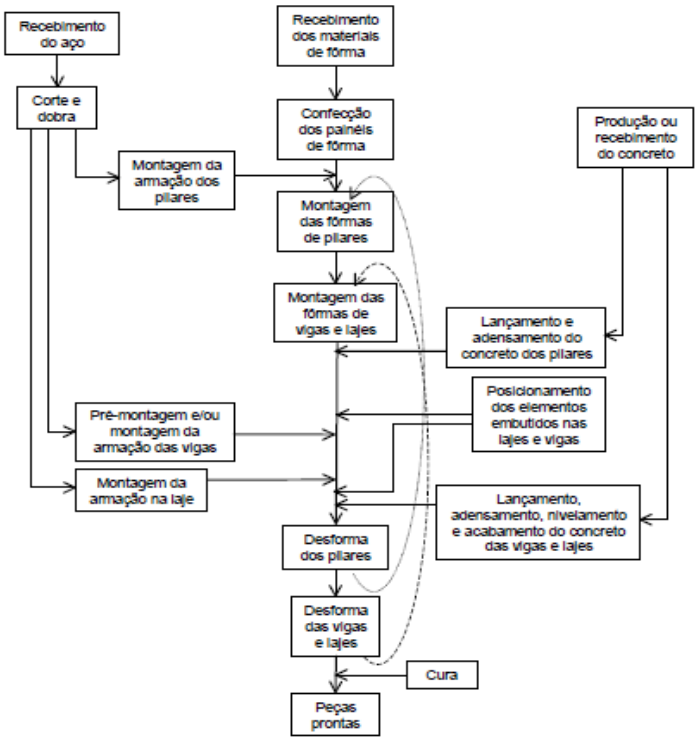
III. Execução do sistema fôrmas;

IV. Execução da armação;

V. Execução da concretagem;

VI. Execução da cura do concreto e retirada de fôrmas e escoramentos.

Figura 2 - Fluxograma da produção de estruturas de concreto armado



Fonte: FREIRE (2001)

2.1 CANTEIRO DE OBRA

O espaço destinado ao canteiro da edificação deve atender aos requisitos da construção a ser realizada, sendo previsto espaço adequado para armazenamento dos materiais e equipamento, instalações de áreas de vivência (escritórios, vestiários, refeitórios, etc.), e estar de acordo com as normas de segurança (NR 18:1998 – Condições e ambiente de trabalho na indústria da construção) e de canteiro (ABNT NBR 12284:1991 – Áreas de vivência em canteiros de obras – Procedimento).

Todos os materiais que serão empregados na execução da estrutura devem ser recebidos em conformidade com o que estabelecem as normas relacionadas:

- O concreto deve ser preparado e atender aos critérios de controle de qualidade previstos na ABNT NBR 12655:2015 – Concreto – Preparo, controle e recebimento – Procedimento e ainda atender à ABNT NBR 7212:2012 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento para concretos preparados;

- Os materiais componentes do concreto devem obedecer ao disposto na ABNT NBR 12654:1992 – Controle tecnológico de materiais componentes do concreto – Procedimento;

- O aço utilizado na estrutura de concreto deve atender às ABNT NBR 7480:2007 – Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado – Especificação, ABNT NBR 7841:1990 – Tela de aço soldada – Armadura para concreto – Especificação; ABNT NBR7482:2008 – Fios de aço para concreto protendido – Especificação; ABNT NBR7483:2008 – Cordoalhas de aço para concreto protendido – Especificação.

Da mesma maneira, os materiais a serem utilizados devem permanecer armazenados na obra ou na central de dosagem, separados fisicamente desde o instante do recebimento até o momento de utilização. Cada material deve estar perfeitamente identificado durante o armazenamento, informando classe, graduação e, se necessário, procedência do material. Devem permanecer arquivados, conforme legislação vigente, os documentos que comprovam a origem, as características e a qualidade dos materiais.

A ABNT NBR 12655:2015 sugere que os aços para armaduras devem ser estocados de forma a manterem inalteradas suas características geométricas e suas propriedades, desde o recebimento na obra até seu posicionamento final na estrutura. Cada tipo e classe de barra, tela soldada, fio ou cordoalha utilizado na obra deve ser perfeitamente identificado logo após seu recebimento, de modo que não ocorra troca involuntária de seu posicionamento na estrutura. Para os aços recebidos cortados e dobrados, valem as mesmas prescrições para as diferentes posições. A estocagem deve ser feita de modo a impedir o contato com qualquer tipo de contaminante (solo, óleos, graxas, etc.).

Os equipamentos necessários à execução dos serviços previstos, incluindo equipamentos de segurança, devem estar disponíveis na obra, em perfeitas condições de trabalho, e em acordo com as especificações do fabricante e das normas vigentes.

2.2 O CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

O concreto comumente utilizado nas obras é o concreto de cimento Portland, que é definido na ABNT NBR 12655:2015 como um material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, pigmentos, metacaulim, sílica ativa e outros materiais pozolânicos), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água).

2.2.1 O concreto preparado por empresa de serviços de concretagem

Para concretagem de peças estruturais de edificações, geralmente utiliza-se o concreto preparado por empresa de serviços de concretagem, a qual deve assumir a responsabilidade e cumprir as prescrições normativas à etapa de preparo do concreto.

O engenheiro de obras deve escolher, ainda na fase de planejamento, o tipo de concreto que será empregado, sua consistência e dimensão dos agregados, de acordo com as especificações do projeto estrutural e trabalhabilidade coerente com as condições de

aplicação. A trabalhabilidade do concreto é bastante afetada pela forma dos agregados, especialmente da areia.

Ao receber o concreto fresco em sua obra, é responsabilidade do engenheiro verificar suas características de consistência e coesão, indicando se a trabalhabilidade do concreto é a especificada no momento da solicitação. A consistência deve ser medida pelo abatimento do tronco de cone ou ensaio de espalhamento e habilidade passante em fluxo livre para concretos autoadensáveis. A facilidade que o concreto possui de segregar reflete sua coesão, sendo muito coesivo um concreto que não segrega facilmente e pouco coesivo o concreto que tem grande tendência de se segregar. (ABNT NBR 12655:2015)

Além dos ensaios de consistência, devem ser moldados corpos de prova a cada betonada de concreto que chegue na obra, a fim de que sejam feitos ensaios de resistência à compressão para controlar se o concreto solicitado atende ao prescrito pelo projeto estrutural, além de liberação para retirada do escoramento, evitando a ocorrência de flechas na estrutura.

2.2.2 O concreto autoadensável

O concreto autoadensável (CAA) é capaz preencher todos os vazios sem o adensamento (vibração ou compactação), utilizando-se para isso do seu peso próprio. O CAA foi desenvolvido no Japão em 1988 e, devido ao seu grande potencial de otimização da produção de estruturas de concreto armado, tem ganhado cada vez mais espaço no mercado da construção civil. As propriedades fundamentais do CAA são a fluidez, a coesão e a resistência à segregação. A fluidez é a capacidade que o concreto tem de escoar preenchendo todos os espaços, já a coesão é a capacidade que o concreto possui para se manter íntegro e homogêneo, mesmo fluindo ao longo das fôrmas passando por barreiras como a armação. A resistência à segregação é a propriedade do CAA que permite que ele se mantenha coeso ao fluir dentro das fôrmas. (TUTIKIAN E MOLIN, 2015)

Tutikian e Molin (2015) ainda listam as vantagens da utilização do concreto autoadensável:

- Devido à velocidade de lançamento e a eliminação da etapa de adensamento, o CAA acelera a construção;

- Ainda devido à facilidade do espalhamento e nivelamento, além eliminação do adensamento, a quantidade de mão-de-obra necessária para a concretagem é menor;
- Melhoria do acabamento final da superfície;
- Falhas de concretagem e grandes vazios (nichos) resultantes de má vibração são evitados, aumentando a vida útil da estrutura;
- A fluidez do CAA permite uma grande liberdade de formas e dimensões (curvas, esbeltas, altas taxas de armadura e difícil acesso);
- Permite a concretagem de peças de seções reduzidas;
- A utilização de resíduos industriais, como cinza voltante, escória de alto forno e cinza de casca de arroz, na composição do CAA é um indicador de sustentabilidade (ganho ecológico).

Assim como deve ser medido o abatimento do concreto convencional, ao receber um concreto autoadensável no canteiro, deve ser medido também o espalhamento do CAA. O ensaio de determinação do espalhamento chama-se *slump flow test,* e mede a capacidade do CAA de fluir livremente sem segregar.

2.2.3 O pedido de concreto preparado

De acordo com a ABESC, fazer o uso de concreto preparado possui muitas vantagens, como:

- Eliminação das perdas de energia elétrica, água, areia, brita e cimento durante a produção do concreto;
- O concreto é entregue em volume adequado, evitando também a perda do material;
- As concretagens ocorrem com maior rapidez, já que ao fazer o pedido programa-se o horário da concretagem e não se perde tempo esperando o material ser produzido no canteiro;
- O concreto tem qualidade e resistência garantidas pelo fabricante;

- O custo do metro cúbico de concreto preparado é inferior ao custo do metro cúbico do concreto produzido na obra.

No entanto, existem alguns cuidados que devem ser tomados ao fazer a solicitação de um concreto preparado. Dois parâmetros podem ser utilizados para caracterizar o concreto adequado: dosagem, ou seja, informando o quanto de cimento deve conter um metro cúbico do concreto ou resistência, informando qual deverá ser a resistência à compressão do concreto aos 28 dias. Devem ser informados também o tipo de brita (1 ou 2) necessário para atendimento do projeto estrutural, qual o abatimento do tronco de cone do concreto (ou *flow*) e se o lançamento será convencional ou bombeado. É importante também confirmar os dados e endereço da obra para que não ocorram confusões e atrasos na entrega do concreto. (ABNT NBR 12655:2015)

Como em todas as etapas de uma edificação, o pedido do concreto também deve ser planejado e feito com antecedência para que o fabricante tenha tempo suficiente para fornecer o concreto dentro da programação informada. Ao programar um concreto, o construtor precisa informar qual o volume de concreto necessário, o horário de início da concretagem, os intervalos de entrega dos caminhões e o volume que deve ser entregue em cada caminhão-betoneira (geralmente a capacidade de cada caminhão varia de 5 a 8 m^3), de acordo com a capacidade de aplicação na obra. (ABESC)

Assim, feita a programação do concreto, deve ser feita a preparação para o recebimento do concreto. O primeiro passo é facilitar o acesso e o estacionamento dos caminhões-betoneira, sem que haja impedimentos e seja feito sobre solo firme até o local de descarga. O caminhão seguinte não deverá obstruir a saída do anterior e o espaço destinado deve ser suficiente para manobras. A logística dos equipamentos no canteiro deve proporcionar um tempo ótimo de descarga do material. As fôrmas já deverão estar conferidas em conformidade com o projeto estrutural, travadas e escoradas adequadamente, bem vedadas a fim de evitar a perda da nata do concreto, limpas e o desmoldante, caso seja necessário, já deverá ter sido aplicado. A armação também já deve estar montada e conferida em conformidade com o projeto. (ABNT NBR 12655:2015)

2.3 SISTEMA DE FÔRMAS

Segundo Azeredo (1997) o sistema de fôrmas define-se como o conjunto dos elementos fôrma, escoramento, cimbramento e andaimes, incluindo os apoios e as uniões entre os diversos elementos. Por fôrma, entende-se como o molde provisório que dará ao concreto fresco o formato e a rugosidade desejada. Já o cimbramento, são todos os elementos que tem a função de sustentar o concreto fresco até que ele atinja resistência suficiente para auto suportar as ações a que for submetido.

Para Assahi (2000) o sistema de fôrmas deve atender aos seguintes requisitos:

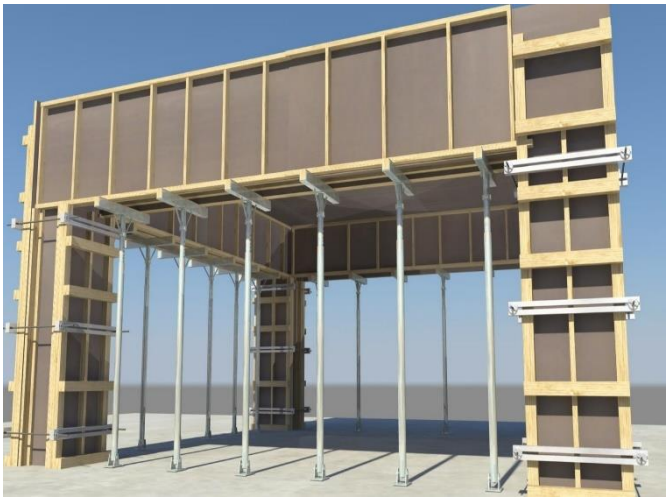
- Proteger o concreto fresco na fase de cura contra impactos, variações de temperatura e limitar a perda de água por evaporação;
- Servir de suporte para posicionamento da armação e de instalações elétricas e hidráulicas;
- Servir de suporte de trabalho para as atividades de armação e concretagem.

As Figuras de 3 a 6 exemplificam sistemas de fôrmas.

Figura 3 - Estrutura de concreto armado após desforma

Fonte: Blog Construir
Disponível em: http://blog.construir.arq.br/estrutura-concreto-x-estrutura-metalica-vantagens-desvantagens/

Figura 4 – Estrutura com forma de madeira com escoramento metálico



Fonte: Blogspot Edgar Lindman Garcia

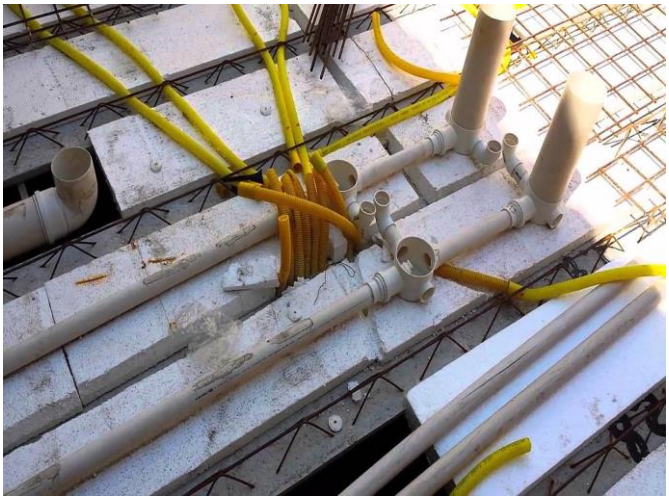
Disponível em: http://edgarlindman.blogspot.com.br/2010/06/por-fim-as-formas-com-seus-devidos.html

Figura 5 - Rugosidade de estrutura executada com moldes plásticos

Fonte: Dicas de Português

Disponível em: http://dicasdeportugues.net/2013/10/o-que-e-laje-nervurada.html

Figura 6 - Armação e tubulações elétricas apoiadas sobre assoalho de madeira



Fonte: Youtube
Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=1mJ4MthmEEs

De acordo com Azeredo (1997), as fôrmas para edifícios devem atender aos requisitos a seguir:

- Devem ser executadas rigorosamente de acordo com as dimensões indicadas no projeto e ter a resistência necessária para não se deformarem sensivelmente sob a ação dos esforços que vão suportar, isto é, sob ação conjunta do peso próprio, do peso e da pressão do concreto fresco, do peso das armaduras e das cargas acidentais. Nas peças de grande vão, devem ser a sobre-elevação necessária para compensar a deformação inevitável sob a ação das cargas;

- Devem ser praticamente estanques, condição essa de grande importância para que não haja perda de cimento arrastado pela água. Para esse fim, é preciso que as tábuas sejam bem alinhadas, para que justaponham o melhor possível. Deve merecer particular cuidado a ligação das fôrmas que formam ângulos (arestas de vigas e pilares, juntas de vigas com lajes, etc.);

- Devem ser construídas de maneira que permita a retirada de seus diversos elementos com relativa facilidade e, principalmente, sem choques. Para esse fim, o seu

escoramento deve apoiar-se sobre cunhas, caixas de areia ou outros dispositivos apropriados;

- Devem ser projetadas e executadas de um modo que permita o maior número de reutilizações das peças;

Azeredo (1997) também aponta alguns dos principais cuidados que devem ser tomados durante a execução do sistema de fôrmas, a fim de garantir a resistência da estrutura e também sua aparência exterior: antes do lançamento do concreto as fôrmas devem ser limpas internamente e as fôrmas também devem ser molhadas até a saturação, para que não absorvam a água necessária à pega do cimento.

O uso de desmoldantes tem a função de facilitar a retirada da fôrma, bem como prolongar a vida útil da mesma, assim a ABNT NBR 14931:2004, diz que quando agentes destinados a facilitar a desmoldagem forem necessários, devem ser aplicados exclusivamente na fôrma antes da colocação da armadura e de mandeira a não prejudicar a superfície do concreto. Os agentes desmoldantes devem ser aplicados de acordo com as especificações do fabricante e normais nacionais, devendo ser evitados o excesso ou a falta do desmoldante. Salvo condição especifica, os produtos utilizados não devem deixar resíduos na superfície do concreto ou acarretar algum efeito que cause alteração na qualidade da superfície, alteração de cor no caso de concreto aparente, ou prejuízo da aderência do revestimento a ser aplicado.

2.3.1 Importância da fôrma no tripé qualidade x prazo x custo

Para Assahi (2000) ao entender que qualidade é atender clientes (externos e internos), a fôrma é o subsistema de maior importância, pois o desempenho dos demais subsistemas dependerá diretamente do seu resultado. O prumo, nível, alinhamento e esquadro das peças estruturais, que resultam da correta utilização da fôrma, são pré-requisitos básicos necessários para todos os demais subsistemas. A fôrma é a única responsável pela geometria dos elementos estruturais. Além disso, uma grande parte das manifestações patológicas observadas nos edifícios concluídos pode ter origem na fôrma. As frequentes trincas na estrutura ou na vedação podem ser consequências da deformação ou mobilidade excessiva da estrutura causada pela má utilização do sistema de fôrma, como também, pelo excesso de

sobrecarga devido aos revestimentos e enchimentos não previstos decorrentes da correção da estrutura mal moldada. Até mesmo os vazamentos comuns causados pelas manifestações patológicas nas instalações hidráulicas e das impermeabilizações podem ter origem no excesso de mobilidade da estrutura, consequência da utilização incorreta do sistema de fôrma.

Ainda de acordo com Assahi (2000) no processo produtivo tradicional de edifícios, a execução da estrutura sempre faz parte do caminho crítico na composição do cronograma físico. Tipicamente, a execução da estrutura consome 50% do prazo total de execução do edifício, e a fôrma, por sua vez, é responsável por 60% deste prazo, portanto, consome 30% do prazo total do empreendimento, sendo uma das atividades de maior influência no prazo de execução de qualquer empreendimento civil com estrutura em concreto armado.

Para Assahi (2000) a estrutura em concreto armado representa algo em torno de 20% do custo total de construção. O custo do sistema de fôrma representa 25% a 40% do custo total da estrutura, portanto, com relação ao custo total de construção este representa aproximadamente de 5% a 8%. Zorzi (2002) demonstra que esse custo pode variar de acordo com fatores como número de reaproveitamentos, velocidade da execução da estrutura (durabilidade dos materiais e custos com locação) e produtividade da mão-de-obra.

2.3.2 Tipos de sistemas de fôrmas para concreto armado

De acordo com Mapa da Obra (2016) e Concrefato (2016) com os avanços tecnológicos na tecnologia dos materiais, existe uma grande variedade de materiais que podem ser adotados na escolha do sistema de fôrmas que melhor se adeque ao projeto de uma obra, sendo os mais utilizados madeira, aço, PVC, alumínio, papelão, fibras de vidro e preenchimento em EPS. O processo de escolha deve levar em consideração o tipo de estrutura a se construir, se as fôrmas devem ser geométricas, quantidade de vezes que a fôrma pode ser reutilizada, cronograma, disponibilidade de equipamentos de transporte horizontal e vertical, local da obra e espaço interno disponível no canteiro para armazená-las. Os principais tipos de sistemas de fôrmas para concreto armado são:

- Fôrmas de madeira: o tipo mais tradicional, ainda é comumente a mais utilizada, por apresentar boa relação custo-benefício. Os painéis podem ser fabricados no próprio

canteiro, sendo dimensionados para suportar as cargas e pressão do concreto, bem como atender às formas geométricas dos elementos estruturais a serem moldados. Mesmo com a vasta aplicação das fôrmas modulares metálicas, existem casos em que o uso da madeira é indispensável. As Figuras 7 e 8 exemplificam usos de fôrmas de madeira.

Figura 7- Fôrma e contraventamento de madeira para pilares

Fonte: UFRGS
Disponivel em: https://www.ufrgs.br/eso/content/?m=20110922

Figura 8 - Fôrma de madeira para estrutura circular com chapa resinada

Fonte: Global Wood
Disponível em: http://globalwood.com.br/forma-de-madeira/

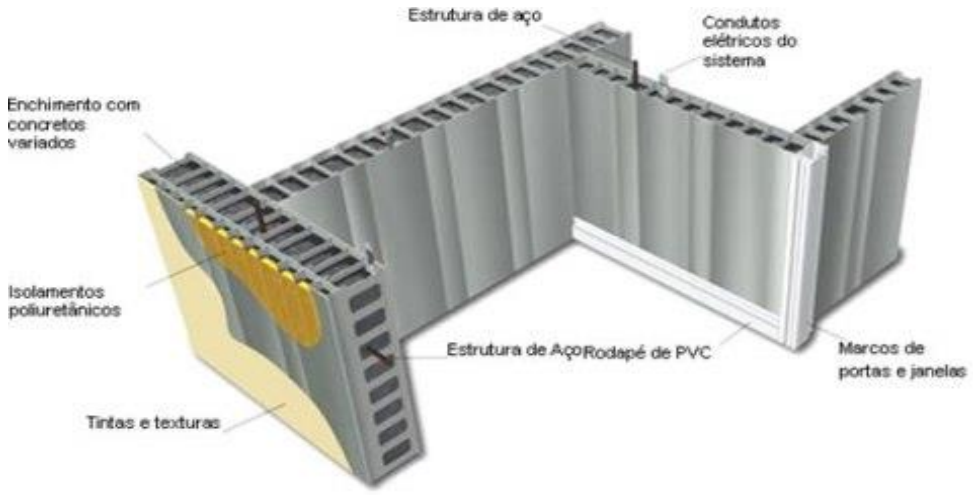
- Fôrmas metálicas: o uso das formas modulares metálicas está em forte ascensão no mercado da construção civil. O sistema é composto por painéis, elementos de ligação e outros acessórios. Os painéis constituem-se de grades metálicas com uma chapa de contato embutida, conectados com grampos ou travas, o que permite a execução de vários tipos de estrutura (blocos de fundação, paredes, vigas, pilares). O sistema consegue se adaptar a vários tipos de geometrias e pode ser locado de acordo com as necessidades da obra. A Figura 9 exemplifica o uso de fôrmas metálicas.

Figura 9 - Fôrma metálica para paredes de concreto

Fonte: Portal dos Equipamentos
Disponível em: http://www.portaldosequipamentos.com.br/guia/e/formas-metalicas-para-concreto_18_65_405_1_0

- Fôrmas de PVC: ainda pouco difundido no mercado, este sistema é chamado de “concreto-PVC”, pois tratam-se de painéis ocos de duplo encaixe em PVC, os quais são armados e preenchidos com concreto e as fôrmas ficam incorporadas à construção, servindo de revestimento final. A Figura 10 mostra dos elementos dos painéis de fôrmas de PVC e a Figura 11 exemplifica o uso do sistema para paredes de concreto.

Figura 10 - Elementos de painéis de PVC



Fonte: Engenharia Civil Diária

Disponível em: https://engenhariacivildiaria.com/tag/sistemas-construtivos/

Figura 11 - Uso de fôrmas de PVC para paredes

Fonte: Camargo Química

Disponível em: http://www.camargoquimica.com.br/blog/2014/04/28/sistema-construtivo-com-paineis-de-pvc-preenchidos-com-concreto/

- Fôrmas de papelão: este sistema é muito utilizado para pilares de seção circular quando se tem poucas peças para concretar (em casos de repetição, a fôrma de madeira se torna mais viável). Permite fazer pilares de 1 m de diâmetro e 8 m de comprimento em uma única etapa, não demanda mão-de-obra especializada e, após o endurecimento do concreto, possibilitam desforma rápida. São descartadas após o uso. As Figuras 12 e 13 ilustram o uso das fôrmas de papelão.

Figura 12 - Fôrma de papelão para pilares de seção circular escorados com peças de madeira

Fonte: Construção Mercado

Disponível em: http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/152/artigo307908-2.aspx

Figura 13 - Pilar de seção circular com fôrma de papelão, já concretado

Fonte: Blog do Pet Engenharia Civil UFJF

Disponível em: https://blogdopetcivil.com/2015/02/11/formas-de-papelao-para-a-concretagem/

- Fibra de vidro: este sistema conta de com painéis estruturados em fibra de aço e face contato em resina. A fibra de vidro possui resistência semelhante à do aço com as vantagens de não enferrujar e ser mais leve, e por isso, os próprios painéis conseguem resistir à pressão do concreto durante o lançamento. O sistema não tem peças soltas, portanto permite montagem rápida, aceita qualquer tipo de concreto e pode ser reutilizado centenas de vezes.

- Lajes treliçadas com EPS: as lajes treliçadas com preenchimento em EPS são mais leves proporcionando menor carga nas estruturas e fundações, rapidez e economia de mão-de-obra na montagem, menor consumo de escoramentos, flexibilidade de medidas, facilidade no manuseio e no transporte, sem perdas (as peças de EPS não quebram durante o transporte), não há absorção da água do concreto mantendo o fator água/cimento constante o que proporciona a cura adequada do concreto nas lajes, as instalações elétricas são facilitadas permitindo a abertura de “sulcos” no EPS para a passagem das tubulações que ficam embutidas.

2.4 ARMAÇÃO

De acordo com a ABNT NBR 12655:2015 o concreto é um material que possui boa resistência à compressão, mas baixa resistência à tração. Assim, nas estruturas de concreto armado, o aço deve ser capaz de resistir aos esforços de tração. Esta união é possível, pois, os dois materiais possuem coeficiente de dilatação muito próximos, de tal maneira que as dilatações e compressões em função da variação da temperatura não afetam a aderência do conjunto. O aço utilizado para as armaduras deve ser exatamente aquele especificado em projeto, caso sejam necessárias alterações, estas devem ser comunicadas e aprovadas pelo engenheiro projetista.

2.4.1 Recebimento e armazenamento do aço

O controle de recebimento do aço garante que o material que será utilizado na estrutura tenha boa procedência e bom desempenho de sua função estrutural. Segundo a ABNT NBR 14931:2004 alguns itens devem ser garantidos para tal:

- Aço em barras:
    - Quantidade;
    - Comprimento das barras;
    - Bitola do aço;
    - Se os ensaios abrangem todos os lotes entregues;
    - Se o nome do fabricante está estampado nas barras de diâmetro superior a 10 mm;
    - Aspecto geral do aço, observando se há defeitos ou impurezas (fissuras, esfoliações, corrosão);
    - Caso a quantidade de material seja considerável, é recomendável verificar a massa, através da pesagem do caminhão em balança neutra, antes e depois da descarga;
- Aço em telas:
    - Medir as dimensões principais (comprimento, largura, espaçamentos) com uma trena metálica com precisão de 1mm;
    - Se a quantidade entregue corresponde ao pedido de compra;
    - Aspecto geral do material (corrosão, fissuras nas barras, pontos de solda solto);
- Aço beneficiado: verificação inicial da quantidade entregue em relação à nota fiscal e o pedido de compra. Em seguida, devem ser verificadas se as informações contidas na etiqueta (bitola, formato, dimensões e quantidade) conferem com as peças

recebidas. O aspecto geral das peças também deve ser conferido, não devendo ocorrer: fissuras, esfoliações e corrosão.

A estocagem, transporte, limpeza, manuseio e posicionamento das barras, telas soldadas e armaduras pré-fabricadas devem ser feitas de modo a não danificar o material, mantendo-o em perfeitas condições de uso. Cada tipo de aço deve ser identificável na obra, evitando trocas involuntárias, e o aço não deve de maneira alguma ficar armazenado em contado direto com o solo, evitando a corrosão do material. (ABNT NBR 14931:2004)

Segundo Azeredo (1997) para que o aço para armadura esteja apto ao uso, ele deve estar livre de ferrugem e outras substancias deletérias que afetem as propriedades do aço, do concreto ou a aderência entre os dois. Assim, as armaduras devem passar por limpeza superficial antes do lançamento do concreto, eliminando impurezas e produtos destacáveis na sua superfície em função do processo de corrosão. Após a limpeza, a condição da armadura deve ser avaliada para que seja liberada para uso, descartando a possibilidade de redução da seção do aço. Armaduras que, por acaso, apresentem redução de seção podem ser eventualmente utilizadas como se fosse de diâmetro nominal inferior. As Figuras 14 e 15 demonstram aplicações de uso das armações.

Figura 14 - Armação de pilar de seção retangular

Fonte: UFRGS
Disponível em: https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=658

Figura 15 - Armação de pilar de seção circular

Fonte: Estúdio IV – Técnica e Tecnologia
Disponível em: http://estudio4tecnologia.blogspot.com.br/2012_09_01_archive.html

Exceto em situação de armadura pré-fabricada, a produção da armação envolve três subatividades: corte, dobra, pré-montagem e montagem.

2.4.2 Corte

Segundo Faria (2016) nos casos em que os cortes são feitos na própria obra, visando a redução do desperdício e a otimização da mão-de-obra, é imprescindível que exista um projeto que direcione o corte do aço. Os equipamentos e ferramentas que podem ser utilizados para executar o corte de aço devem ser definidos de acordo com os materiais e volume de serviço demandando pelo projeto. Podem ser:

- Manuais: arco de serra e tesoura de cortar ferro, conhecido como tesourão. O processo demanda esforço físico do operário e, portanto, é pouco produtivo. Não demanda grande espaço físico para execução, pode ser feito próximo à área de estocagem no próprio piso. A precisão dimensional é também é pequena por tratar de uma atividade extremamente artesanal. É mais comumente utilizado em obras de pequeno porte. A Figura 16 ilustra o corte manual de barras de aço.

Figura 16 - Tesoura para de corte de barra de aço

Fonte: Construção Mercado
Disponível em: http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/180/corte-e-dobra-de-aco-371362-1.aspx

- Elétricas: policorte. Esta ferramenta permite o corte de várias barras de aço ao mesmo tempo, possibilitando o corte de várias peças de mesma dimensão de uma única vez e, consequentemente agregando maior produtividade à atividade. A policorte deve ser fixada em uma bancada de madeira, que possua pelo menos o comprimento das barras (12 m) para que seja possível marcar na própria bancada os comprimentos de corte, assim, aumenta a precisão dimensional. É utilizada em obras de médio e grande porte. A Figura 17 demonstra uma bancada de corte com a máquina de corte elétrico de barras de aço.

Figura 17 - Bancada de policorte (central de armação em canteiro de obra)

Fonte: Cartilha de Segurança e Saúde do Trabalho na Construção Civil
Disponível em: http://docplayer.com.br/111414-Seguranca-e-saude-do-trabalho.html

- Hidráulicas: os equipamentos hidráulicos são utilizados principalmente em centrais de corte e dobra de aço e em canteiros de grandes obras, devido ao seu elevado custo. A Figura 18 ilustra um equipamento de corte hidráulico.

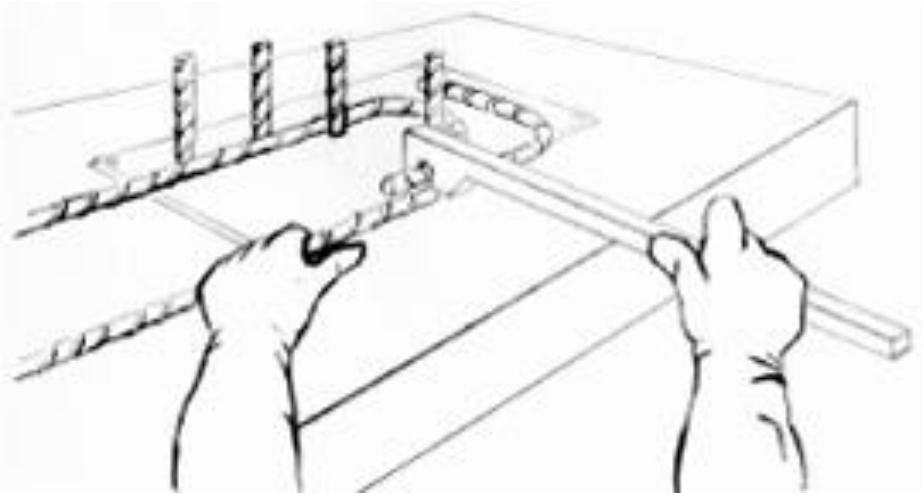
Figura 18 - Equipamento de corte hidráulico de barras de aço

Fonte: Maquinari Co. de Lantian
Disponível em: http://portuguese.cncpipebendingmachine.com/sale-6279911-hydraulic-pipe-and-tube-cutting-machine-for-cutting-iron-steel-pipe.html

2.4.3 Dobra

De acordo com a ABNT NBR 14931:2004 para a dobra realizada em canteiro, utiliza-se a chave de dobra, ferramenta de baixo custo e pouco produtivo, uma vez que a dobra da barra de aço é feita uma de cada vez. Na bancada de dobra, deve ser instalado um pino de dobramento, que por sua vez deve ter dimensões compatíveis com o aço que será dobrado. A falta de cuidado nesse item pode fazer com que as barras de aço, quando dobradas, sofram um esforço demasiado, ocorrendo sua ruptura. A Figura 19 demonstra como deve ser feita a dobra de aço.

Figura 19 - Esquema de execução de dobra de barras de aço



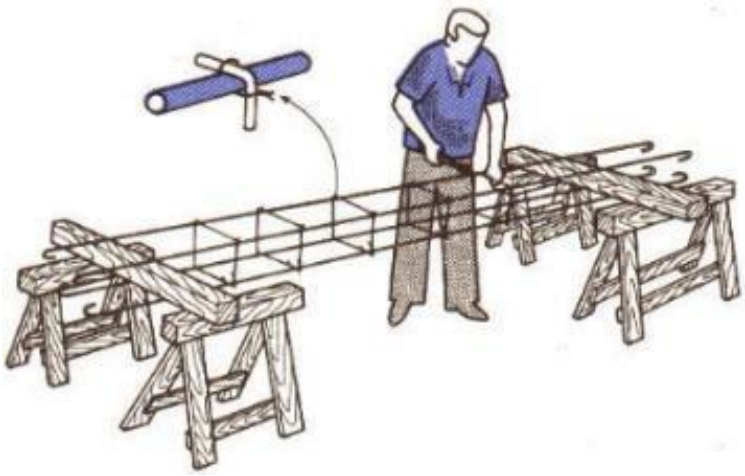
Fonte: Comunidade da Construção
Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/3/armacao-praticas/execucao/56/armacao-praticas.html

2.4.4 Pré-montagem

Na definição de como será feita esta etapa, devem ser consideradas as dimensões das peças, o sistema de transporte e a facilidade de execução para definir quais peças serão montadas na central de armação e quais peças serão montadas na própria fôrma.

Ainda conforme a ABNT NBR 14931:2004 durante a pré-montagem, é necessário colocar os espaçadores em quantidade suficiente para garantir o posicionamento da armadura no elemento final a ser concreto. O espaçador irá garantir ainda que a estrutura tenha o cobrimento adequado e especificado em projeto, protegendo e evitando a corrosão da armadura. Podem ser utilizados espaçados de concreto ou argamassa, desde que apresente relação água/cimento menor ou igual a 0,5, e espaçadores plásticos, ou metálicos com as partes em contato com a fôrma 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. A Figura 20 demonstra o processo de pré-montagem.

Figura 20 – Pré-montagem de armadura de pilar de seção retangular



Fonte: Construindo
Disponível em: http://www.construindo.com.br/et/funda.html

2.4.5 Montagem e posicionamento da armadura

Segundo Azeredo (1997) a armadura deve ser posicionada e fixada no interior das fôrmas seguindo fielmente as especificações de projeto, de tal maneira que durante o lançamento de concreto se mantenha na posição estabelecida, conservando inalteradas as distâncias das barras entre si e com relação às faces internas das fôrmas. A montagem deverá ser feita por meio de amarração com arame, podendo ser utilizada solda no caso de uso de aços soldáveis. A distância entre pontos de amarração das barras das lajes deve ter afastamento máximo de 35 cm.

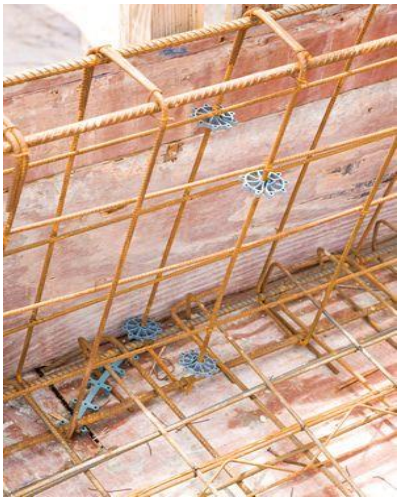
Na montagem de armaduras de lajes, o posicionamento das armaduras negativas deve ser objeto de cuidados especiais em relação à posição vertical, utilizando suportes rígidos e suficientemente espaçados para garantir seu posicionamento. As Figuras 21 a 23 exemplificam a montagem de armação nas fôrmas.

Figura 21 - Tipos de espaçadores para armadura

Fonte: Equipe de Obra

Disponível em: http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/62/espacadores-para-armadura-entenda-as-funcoes-de-cada-tipo-292700-1.aspx

Figura 22 - Armação de viga já montada na fôrma de madeira com espaçadores



Fonte: Clube do Concreto

Disponível em: http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/11/cobrimento-de-armaduras.html

Figura 23 - Colocação de armadura

Fonte: Blog do Pet Engenharia Civil UFJF
Disponível em: https://blogdopetcivil.com/2014/12/05/estaca-tipo-helice-continua/

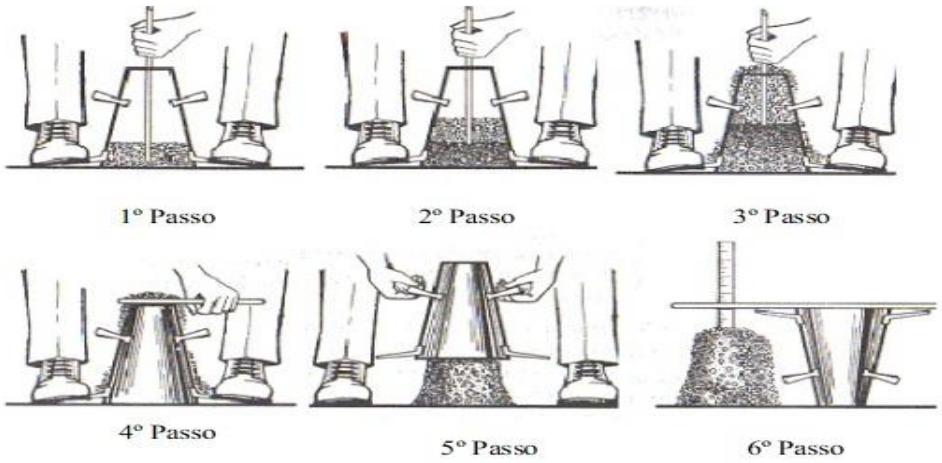
2.5 CONCRETAGEM

Após a chegada do concreto na obra, deve-se garantir que o material recebido esteja em acordo com o solicitado e com o projeto. Assim, com a chegada do caminhão-betoneira, devem ser conferidos na nota fiscal o volume do concreto, o tamanho da brita, a resistência, o aditivo solicitado e a consistência do concreto, bem como se o caminhão está lacrado e se o número do lacre corresponde ao da nota fiscal. (ABESC)

Para determinar a consistência do concreto, deve ser feito o *slump test*: aguarda-se o caminhão descarregar 0,5 m³ de concreto, coleta-se uma amostra de pelo menos 30 litros. O cone de Abrams e a placa metálica, bem como todos materiais que serão utilizados no teste deverão estar limpos e umedecidos. A placa deverá bem nivelada no solo, a base maior do cone deve ser posicionada para baixo sobre a placa metálica e o operador deverá apoiar os pés sobre as abas inferiores garantindo que o cone permaneça fixo na placa. O cone deve ser preenchido com concreto até cerca de um terço de sua altura, devem ser aplicados 25 golpes com a haste de socamento na primeira camada, garantindo que toda a camada será penetrada pela haste. O cone deverá ser preenchido com uma segunda camada, atingindo dois terços da altura total do cone, da mesma maneira, esta deverão ser aplicados 25 golpes somente na segunda camada, evitando atingir a primeira camada já adensada. O mesmo procedimento deverá ser repetido para a terceira camada, que deverá preencher todo o cone.

Após o adensamento da terceira camada, o excesso de concreto deve ser retirado e a superfície é arrasada com régua. Posteriormente ao arrasamento do topo, o cone deve ser lentamente e cuidadosamente retirado. O cone deverá ser posicionado ao lado do concreto com a base menor posicionada para baixo. A haste é colocada sobre o cone e mede-se a distância entre a haste e o ponto médio do concreto, o valor obtido será o abatimento do concreto. A Figura 24 esquematiza o passo-a-passo do ensaio de *slump*. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2016)

Figura 24 - Ensaio de abatimento do tronco de cone



Fonte: Clube do Concreto
Disponível em: http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/08/o-que-e-slump-test-ensaio-de-abatimento_29.html

O *slump flow* possui basicamente as mesmas etapas do abatimento do tronco de cone, no entanto, a medida feita será do diâmetro do espalhamento do concreto em duas direções perpendiculares, sendo definido como valor do *slump flow* a média das duas medidas tomadas. É imprescindível também a observância da ocorrência de segregação durante a execução do ensaio. Caso o concreto não atinja a trabalhabilidade necessária, a ABNT NBR 7212, permite a adição de água complementar desde que:

- O abatimento seja igual ou inferior a 10 mm;
- O abatimento seja corrigido em até 25 mm;

- O abatimento após a adição de água não ultrapasse o limite máximo especificado;
- O tempo entre a primeira adição de água aos materiais e o início da descarga seja superior a 15 minutos.

Além do ensaio de abatimento do concreto no cone de Abrams, deve ser feita a também a moldagem de corpos de prova para o teste de resistência à compressão do concreto, certificando que o material utilizado está em conformidade com o especificado em projeto. A amostra de concreto deve ser colhida depois que a terça parte da carga do caminhão betoneira tiver sido descarregada, mais uma vez, devem ser coletados pelo menos 30 litros de amostra. A base dos moldes dos corpos de prova deve estar nivelada e os moldes limpos, eles serão preenchidos com quatro camadas iguais e sucessivas, aplicando-se 30 golpes, da maneira mais uniforme possível, em cada camada com a haste metálica, sendo que o adensamento deve ser feito somente na última camada preenchida. Após a aplicação da última camada, o excesso de concreto é removido com uma régua. Os corpos de prova devem ser identificados e descansar nos moldes por 24 horas em temperatura ambiente. Após este período, devem ser levados para serem rompidos na prensa de compressão nas datas de 7, 14 e 28 dias. Aos 28 dias, o concreto deverá ter atingido a resistência prevista em projeto. A Figura 25 demonstra os moldes dos corpos de prova, corpos de prova já moldados e a identificação dos moldes. (ASOCRETO, 2004)

Figura 25 - Moldes de corpos de prova para ensaio de resistência à compressão do concreto

Fonte: UFRGS
Disponível em: https://www.ufrgs.br/eso/content/?tag=corpo-de-prova

É imprescindível garantir a rastreabilidade dos lotes do concreto aplicado na obra. Para isso servem os copos de prova moldados com o material coletado de cada caminhão-betoneira. Cada exemplar deve ser adequadamente identificado e armazenado até o momento do ensaio de resistência à compressão. Além disso, durante a execução de peças estruturais deve-se fazer o mapeamento da concretagem na planta da laje, associando cada setor ao seu respectivo caminhão-betoneira.

2.5.1 Cuidados preliminares

Segundo a ABNT NBR 14931:2004 após receber na obra o concreto pedido em central de dosagem, conferir e garantir que está conforme solicitação e projeto, alguns cuidados devem ser tomados antes de iniciar a concretagem. Para que a geometria dos elementos estruturais e da estrutura de concreto armado por completo fiquem de acordo com o que projetado, é imprescindível a garantia das dimensões e posição (nivelamento e prumo) das fôrmas, com as tolerâncias permitidas, conforme as tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Tolerâncias dimensionais para as seções transversais de elementos estruturais lineares e para a espessura de elementos estruturais de superfície

Dimensão (*a*) Cm	Tolerância (*t*) mm
a ≤ 60	± 5
60 ≤ a ≤ 120	± 7
120 ≤ a ≤ 250	± 10
a > 250	± 0,4 % da dimensão

Fonte: ABNT NBR 14931 (2004)

Tabela 2 - Tolerâncias dimensionais para o comprimento de elementos estruturais lineares

Dimensão (*a*) Cm	Tolerância (*t*) mm
a ≤ 60	± 5
60 ≤ a ≤ 120	± 7
120 ≤ a ≤ 250	± 10
a > 250	± 0,4 % da dimensão

Fonte: ABNT NBR 14931 (2004)

Ainda para a ABNT NBR 14931:2004 a superfície interna das fôrmas deve estar limpa e as juntas devem ser estanques, para que não haja perda de pasta ou de argamassa. Nas fôrmas de paredes, pilares e vigas estreitas e altas, devem ser deixadas aberturas provisórias próximas ao fundo, para limpeza. Caso a fôrma seja de materiais muito propensos a absorver umidade ou que facilitem a evaporação, elas devem ser molhadas até saturação. Para concreto aparente, as fôrmas devem receber tratamento e propicie o acabamento requerido. A ABNT NBR 14931:2004 recomenda ainda que o escoramento deve ser conferido quanto às posições e condições estruturais para a fôrma seja capaz de receber o concreto sem que suas dimensões e posições se alterem e tráfego de pessoal e equipamento para o lançamento do concreto ocorra com segurança. Assim como as fôrmas e o escoramento, a armadura também deve ser conferida antes do início da concretagem, garantindo que a montagem, o posicionamento e o cobrimento estejam conforme especificação do projeto.

A capacidade de execução do lançamento do concreto necessita garantir que o concreto esteja plástico e livre de juntas não previstas, para tanto deve ser garantido que as condições operacionais dos equipamentos disponíveis na obra sejam suficientes para que a execução da concretagem e adequados ao volume de concreto do elemento estrutural que será concretado no dia, assim como devem estar limpos e existir em quantidade adequada ao processo adotado, possibilitando que o trabalho seja desenvolvido sem atrasos e sem que o concreto sofra segregação. A mão-de-obra deve ser treinada anteriormente para a execução

da atividade e dimensionada para assegurar que as operações de lançamento, adensamento e acabamento do concreto sejam realizadas de maneira satisfatória.

Para que que todos estes cuidados sejam efetivamente tomados, é necessário que, para cada elemento estrutural concretado, seja feito previamente um Plano de Concretagem, o qual deve contemplar a área ou o volume concretado em função do tempo de trabalho, a relação entre lançamento, adensamento e acabamento, as juntas de concretagem, caso seja necessário, definidas em conjunto entre o engenheiro responsável pela execução e projetista e o acabamento final que se pretende obter.

2.5.2 Transporte do concreto

O transporte do concreto do local de dosagem ou boca de descarga do caminhão betoneira até o local da concretagem deve ocorrer em tempo compatibilizado com as condições de lançamento. É importante que o meio de transporte utilizado não promova a segregação dos componentes do concreto ou perda sensível de água, pasta ou argamassa por vazamento. O sistema de transporte adotado deve, quando possível, admitir o lançamento direto do concreto nas fôrmas. Para o caso de bombeamento, a dimensão máxima do agregado graúdo deve ser limitada a 25% do diâmetro da tubulação da bomba.

Deve ser observado também o tempo de transporte decorrido entre o início da mistura até a entrega do concreto na obra, de tal maneira que o fim do adensamento não ocorra após o início da pega do concreto lançado e das camadas ou partes próximas, evitando a formação de junta fria. O tempo entre o início da mistura e a entrega do concreto no canteiro deve ser inferior a 90 minutos e o tempo entre o início da mistura e final da aplicação do concreto na fôrma deve ser no máximo 150 minutos, salvo influência de condições climáticas e composição do concreto.

2.5.3 Lançamento

Após a chegada do concreto na obra, a Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem (ABESC) recomenda que a aplicação do concreto seja feita em até 2 horas. Em hipótese alguma o lançamento do concreto pode ser realizado após o início da pega. O concreto contaminado com solo ou outros materiais também não deve ser utilizado.

O lançamento do concreto pode ser feito da maneira convencional, em que o transporte do concreto é feito em carrinhos de mão, gruas, caçambas ou similares e por bombas, em que o transporte do concreto é realizado por uma tubulação que vai do caminhão-betoneira até o local a ser concretado. A fim e manter a homogeneidade do concreto, os caminhos no transporte convencional não podem ter inclinação excessiva, evitando a segregação decorrente do transporte.

No momento do lançamento efetivo do concreto deve-se tomar o cuidado de não depositar todo o volume em um ponto confiando que ele por si mesmo escorrerá na fôrma, isto só é uma realidade para o concreto autoadensável. Tal providência evitar-se-á a segregação da água e do agregado miúdo. Os cuidados devem aumentar quanto maior for a altura de lançamento e a densidade de armadura. Quando a altura de queda livre do concreto ultrapassar 2 metros, em peças estreitas e altas, é necessário que sejam adotas precauções que evitem a segregação e falta de argamassa nos pés de pilares e juntas de concretagem de paredes. O cuidado também deve existir sentido de evitar o deslocamento de armaduras, dutos de protensão, ancoragens e A ABNT NBR 14931:2004 lista três cuidados que podem ser tomados neste sentido:

- Emprego do concreto com teor de argamassa e consistência adequados a exemplo de concreto com características para bombeamento;
- Lançamento inicial de argamassa com composição igual à da argamassa do concreto estrutural;
- Uso de dispositivos que conduzam o concreto, minimizando a segregação (funis, calhas e trombas, por exemplo).

A direção do lançamento do concreto na fôrma deve ser vertical. O concreto não deve ser lançado com uma pá a grande distância, não deve ser espalhado com rastelo e nem avançar

mais de um metro dentro das fôrmas, as quais devem ser preenchidas em camadas de altura compatível com o tipo de adensamento previsto, ou seja, em camadas de altura inferior à altura da agulha do vibrador mecânico, garantindo que o adensamento ocorra de maneira adequada. As Figuras 26 e 27 exemplificam casos de lançamento de concreto.

Figura 26 - Lançamento de concreto com bomba lança

Fonte: Clube do Concreto
Disponível em: http://www.clubedoconcreto.com.br/2014/06/passo-passo-guia-para-lancamento-do.html

Figura 27 - Lançamento do concreto direto do caminhão betoneira

Fonte: Achar Imoveis
Disponível em: http://www.acharimoveis.com/blog_imobiliario/?category_name=sem-categoria&paged=2

2.5.4 Adensamento

O adensamento do concreto nada mais é do que sua vibração ou apiloamento de maneira contínua e enérgica, de modo que a massa atinja sua máxima compacidade, as bolhas de ar sejam eliminadas e concreto preencha todos os recantos das fôrmas.

A etapa de adensamento do concreto deve iniciar-se assim que terminado o lançamento. É neste momento que os cuidados necessários para evitar a formação de ninhos, evitando a vibração da armadura para que não se formem vazios que prejudiquem a aderência entre aço e concreto. A vibração também não deve ocorrer a menos de 10 cm da parede da fôrma, evitando que o aparelho entre em contato com a parede da fôrma, para evitar a formação de bolhas de ar na superfície da peça, mas promover um adensamento uniforme e adequado de toda a massa de concreto, observando cantos e arestas, de maneira que não se formem vazios.

A distância entre os pontos sucessivos de imersão deve ser adequada para produzir em toda a superfície da massa uma umidade brilhante. Assim, é preferível virar pouco tempo em muitos pontos do que o contrário, pois tanto a falta quando o excesso de vibração é prejudicial. A mudança de posição do vibrador deve ocorrer quando superfície se apresentar brilhante. O vibrador deve ser aplicado na posição vertical, vibrando o maior número possível de pontos ao longo do elemento estrutural. A retirada do vibrador deve ser lenta, para que a cavidade formada pela agulha não se feche novamente. As Figuras 28 e 29 exemplificam o adensamento do concreto.

Figura 28 - Adensamento com vibrador de imersão

Fonte: Diprotec
Disponível em: http://www.diprotec.com.br/

Figura 29 - Adensamento com uso de régua vibratória

Fonte: Royal Maquinas
Disponível em: https://www.royalmaquinas.com.br/blog/adensamento-concreto-o-que-e-vantagens/

2.6 CURA E RETIRADA DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS

Os procedimentos de cura e retirada de fôrmas e escoramentos de estruturas de concreto em acordo com as recomendações normativas garantem a qualidade final da estrutura.

2.6.1 A cura do concreto

A cura do concreto é um conjunto de operações necessárias para se evitar a evaporação ou perda de água de amassamento do concreto, permitindo o desenvolvimento de todas as suas propriedades. A falta de uma cura executada de maneira adequada resulta em um concreto com maior risco de fissuras plásticas. (IMCYC)

Segundo a ABNT NBR 14931:2004, a cura ainda garante uma superfície com resistência adequada e a formação de uma capa superficial durável. Os agentes danosos mais comuns ao concreto no seu início de vida são mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, congelamento, agentes químicos, bem como choques e vibrações de

intensidade tal que possam produzir fissuras na massa de concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura.

O IMCYC recomenda que cura deve ser iniciada assim que terminar a concretagem, mantendo o concreto úmido por no mínimo 7 dias. As fôrmas de pilares e vigas devem ser umedecidas e a superfície concretada coberta com material que possa manter-se úmido, como areia, serragem, sacos de pano ou de papel, etc. A área concretada deve ser protegida do sol e do vento até que seja feira a desforma. Quanto maior for a qualidade da cura, maior será a qualidade da peça concretada.

Há ainda a cura química através de compostos líquidos formadores de membranas que podem ser aplicados sobre a superfície do concreto para reduzir ou retardar a perda de umidade, sendo sua aplicação recomendada para a maioria dos casos. O método que faz uso desses compostos formadores de membrana tem sua eficácia depende da qualidade dos produtos utilizados, do tempo transcorrido até o início da aplicação e da uniformidade da aplicação do produto na superfície.

A aplicação dos compostos pode ser feita com regadores ou equipamentos de pulverização, em uma ou duas camadas (perpendiculares entre si), dependendo das especificações do produto. Regadores podem apresentar consumo em excesso do produto, de forma que, na maioria dos casos, recomenda- se o uso de equipamentos de pulverização. Ressalta-se que a superfície a ser submetida ao processo de cura deverá estar limpa (não apresentar pó, óleos, graxas ou resíduos de desmoldantes) e livre de estoques de materiais que obstruam a aplicação do produto em toda a superfície do elemento estrutural sob cura. As Figuras 30 e 31 demonstram tipos de cura do concreto.

Figura 30 - Cura úmida do concreto

Fonte: Téchne
Disponível em: http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/201/conheca-as-alternativas-para-fazer-a-cura-de-elementos-de-302570-1.aspx

Figura 31 - Cura do concreto através do uso de manta úmida

Fonte: Tecnika Engenharia
Disponível em: http://www.tecnikaengenharia.com.br/servicos/9/pisos-industriais

2.6.2 Retiradas das fôrmas e do escoramento

Segundo Zorzi (2002) as fôrmas e escoramentos podem ser removidos de acordo com o plano de desforma previamente estabelecido e de maneira a não comprometer o desempenho da estrutura em serviço. As fôrmas e escoramentos só podem ser retirados até que o concreto adquira resistência suficiente para suportar a carga importa ao elemento estrutural, evitar deformações que excedam as tolerâncias especificadas, resistir a danos para a superfície durante a remoção, suportar as sobrecargas de execução (movimentação de operários e

material sobre a peça estrutural). A sequência de retirada das fôrmas e escoramentos e a possível permanência de escoramentos localizados (faixa de re-escoramento). A Figura 32 contém um exemplo de faixa de re-escora.

Figura 32 - Escoramento residual

Fonte: Aula 9: Cimbramentos e Fôrmas
Disponível em: http://www.slideshare.net/Alex_123456/aula-9-formasescoras

2.7 CONCRETAGEM EM TEMPERATURA MUITO QUENTE E TEMPERATURA MUITO FRIA

Para concretagens em temperaturas extremas, alguns cuidados a mais devem ser tomados a fim de propiciar uma boa concretagem das estruturas.

2.7.1 Concretagem em temperatura muito quente

De acordo com ABNT NBR 14931:2004, caso a temperatura seja superior a 35ºC, a umidade do ar inferior a 50% e velocidade do vento superior a 30 m/s devem ser tomadas medidas para manter a consistência e reduzir a temperatura do concreto. Para temperaturas superiores a 40ºC ou vento acima de 60 m/s, a concretagem deve ser suspendida.

As consequências de uma concretagem em tempo quente são: aumento da quantidade de água necessária para a mistura de concreto, dificuldade no controle de ar incorporado, variações rápidas de consistência, rápida evaporação da água de emassamento, endurecimento acelerado, dificuldade no lançamento normal do concreto na obra, maiores variações dimensionais durante o esfriamento do concreto endurecido, aumento das deformações plásticas, aumento na tendência de fissuração, diminuição da durabilidade como consequência do aumento na quantidade de água de amassamento e da fissuração, diminuição da resistência, aumento da permeabilidade. (IMCYC, 2011)

O processo de concretagem como um todo deve ocorrer de maneira mais acelerada, o concreto assim que recebido deve ser utilizado. De maneira alguma podem ocorrer atrasos e os equipamentos para o adensamento do concreto devem ser dimensionados em maior quantidade, pois a etapa de adensamento precisará ser mais intensa.

As betoneiras e caminhões-betoneiras devem estar posicionados na sombra ou sejam pintadas de branco para absorver menos calor. A concretagem deve iniciar-se na parte da tarde, para que se evite as temperaturas ainda mais elevados do meio-dia. Devem ser previstas proteções e cura adequadas, para que o endurecimento ocorra de maneira rápida. A aplicação de água na cura deve ser contínua, mas a temperatura da água não deve estar muito mais fria do que o concreto, pois as tensões térmicas que podem originar-se são possíveis causas de fissuração, e o concreto coberto com material saturado.

Nos bombeamentos, devem ser evitadas as paradas prolongadas, para que tubulação exposta ao sol esquente e aumente a evaporação de água, reduzindo a trabalhabilidade e provocando entupimentos frequentes. Podem ser utilizadas pedras de gelo como parte da água de amassamento em concretagens de grande volume, reduzindo a temperatura do concreto e a ocorrência de retração. Os cimentos com menor calor de hidratação também é uma boa alternativa quando se trata de temperaturas altas.

2.7.2 Concretagem em temperatura muito fria

A ABNT NBR 14931:2004 estabelece que a temperatura da massa de concreto no momento do lançamento não deve ser inferior a 5ºC. No caso de temperatura ambiente inferior a 0ºC nas 48 horas seguintes à concretagem, a mesma deverá ser suspensa.

Alguns cuidados que podem ser tomados são a elaboração de um plano de concretagem para aplicação rápida do concreto, disponibilizar mão-de-obra extra para ajudar na aplicação, manter quantidade suficiente de material isolante para cobrir o concreto e as fôrmas logo após a aplicação para aproveitar o calor do próprio concreto, manter as fôrmas por mais tempo como proteção contra o frio e pega mais lenta. Assim como nas concretagens em dias quentes, a quantidade de vibradores deve ser suficiente para evitar a interrupção. A água do traço deve ser esquentada ou em temperatura ambiente (> 10ºC), com o objetivo de não reduzir muito as resistências iniciais, aquecimento das peças concretadas com vapor de água ou lençóis térmicos e colocação de lonas no sentido vertical, junto à estrutura, protegendo contra a ação dos ventos e impedindo a retração plástica. (IMCYC, 2011)

2.8 AS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DEVIDO A FALHAS DE PROJETO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Segundo Piancastelli (2017), por tratar-se um material não inerte, o concreto armado está sujeito a interações entre os elementos que o constituem (cimento, água, areia, brita, aço) e os aditivos e agentes externos (ácidos, bases, sais, gases, vapores e micro-organismos) e essas interações podem gerar anomalias que comprometam o desempenho da estrutura.

Para Helene (2005), saber a origem do problema auxilia na identificação da terapia mais adequada, mesmo que o fenômeno e os sintomas sejam os mesmos. Couto (2007) estima que 45% das manifestações patológicas tem origem na etapa de projeto, 22% na fase de execução, 15% nos materiais e componentes utilizados, 11% na fase de uso e 7% tem outras causas.

As principais manifestações patológicas do concreto armado serão analisadas de forma mais detalhada nos itens abaixo.

2.8.1 Trincas e fissuras

As trincas e fissuras são fenômenos próprios e inevitáveis do concreto armado e seu aparecimento pode se dar em três fases da sua vida: fase plástica, fase de endurecimento e fase de concreto endurecido.

Para Lapa (2008), na fase plástica podem surgir trincas em virtude da retração plástica e do assentamento plástico; na fase de endurecimento, em virtude de restrições à precoce movimentação térmica, à precoce retração do endurecimento e ao assentamento diferencial dos apoios; na fase de concreto endurecido, as principais causas do aparecimento das trincas e fissuras são o sub dimensionamento, o detalhamento inadequado, a construção sem os cuidados indispensáveis, as cargas excessivas, o ataque de sulfatos ao cimento do concreto, a corrosão das armaduras devida ao ataque de cloretos, a carbonatação e a reação álcali-agregado.

De acordo com Piancastelli (2017) para a especificação do tratamento ideal é essencial verificar se a fissura analisada é ativa (viva ou instável) – fissuras que apresentam variação de abertura –, ou inativa (morta ou estável) – aquelas que não apresentam variação de abertura. A checagem pode ser feita com a utilização de 'selos' rígidos (gesso ou plaquetas de vidro coladas), que se rompem caso a fissura apresente variação de abertura, ou por meio da medição direta (fissurômetro) dessa variação.

2.8.2 Nichos de concretagem

Os nichos de concretagem também são conhecidos como bicheiras, vazios de concretagem ou segregação. Esta falha pode apresentar-se puramente estética, mas também podem afetar a durabilidade e resistência das estruturas, que podem sofrer deformações ou até mesmo entrar em colapso. Segundo Figuerola (2006), as causas do problema são falhas no processo de concretagem, devido ao lançamento e adensamento do concreto, mas esta manifestação patológica também pode ser causada por erro no detalhamento da armadura. O lançamento do concreto de alturas elevadas (superior a 2,0 metros), a dosagem inadequada (relação água/cimento elevada ou teor de aditivos) resultam um concreto sem coesão, peças esbeltas e/ou com formas complexas e o tamanho do agregado graúdo superior ao espaçamento das armaduras são algumas das causas dos nichos de concretagem.

2.8.3 Juntas frias de concretagem

As juntas de concretagem se formam quando o lançamento do concreto é interrompido. Nesse caso, torna-se necessário tomar medidas que garantam a aderência entre os concretos novo e antigo.

Para execução da junta, deve ser promovida a remoção manual de toda a camada superficial da nata de cimento (aspecto vitrificado) e agregados soltos, apicoando-se toda a superfície do concreto. Para melhores resultados, deverá ser executada na borda da junta de concretagem a retificação e acabamento em alinhamento e greide. Esse procedimento poderá ser efetuado de duas formas: com a colocação de um sarrafo de madeira 3x3 cm na borda faceando com a junta de concretagem ou acabamento com máquina de corte após a concretagem. O aspecto final do substrato de concreto deverá estar com a nata de cimento removida e os agregados firmes e aparentes. Para melhor desempenho das juntas de concretagem, poderá ser aplicado um Selante Expansivo para garantir melhor vedação da estrutura, onde deverá ser executado um cordão contínuo e centralizado na face da junta tratada. CESAN (2011).

2.8.4 Exsudação

A exsudação é a saída da água de hidratação do concreto, formando uma lâmina d'água sobre a peça concretada. Esta manifestação patológica ocorre quando há o excesso de vibração e elevada relação água/cimento, sendo que sua principal consequência é a formação de fissuras de retração plástica. Por densidade, pedra e areia tendem a descer na pasta de cimento e uma parte da água que não está sendo usada na reação de hidratação do cimento aflora na superfície e evapora fazendo com que o concreto se retraia. (ELMOR, 2010)

3 O SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO

A ABNT NBR 16055:2012 define como parede de concreto: “elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede. ”.

A parede de concreto é um sistema construtivo em que a vedação e a estrutura são compostas de um elemento singular: a parede de concreto, a qual é moldada in loco. Na parede de concreto podem ser incorporadas, parcialmente, as instalações e esquadrias. É um sistema racionalizado, portanto permite que seja feito um planejamento completo e detalhado de sua execução, evitando que ocorram improvisos e atividades artesanais. (Comunidade da Construção, 2016)

Para a ABESC é um método construtivo ágil usado em obra com grande ou média repetitividade, pois tem velocidade de execução, custos reduzidos, acidentes reduzidos, elevação da qualidade e produtividade, além do aumento da durabilidade da estrutura.

As vantagens do sistema, de acordo com a Comunidade da Construção são:

- Velocidade de execução;
- Garantia do cumprimento de prazos;
- Industrialização do processo;
- Maior controle da qualidade, garantida pelo uso de fôrmas com grande precisão dimensional, materiais com produção controlada (concreto, aço e tela), atividades planejadas e não artesanais;
- Qualificação da mão-de-obra;
- Segurança, pois o sistema conta com equipamentos que privilegiam a segurança dos operários, como por exemplo andaimes e guarda-corpos integrados aos painéis de fôrmas;
- Espaço das unidades, pois a espessura da parede de concreto é inferior em relação à alvenaria convencional, portanto há ganho de área útil para a mesma área total da unidade.

O fato de ser um sistema racionalizado permite maior controle da produção das estruturas, garantindo também a qualidade do produto final. De acordo com a ABNT NBR 16055:2012, os requisitos para a qualidade da parede de concreto devem garantir que seja projetada e construída de tal maneira que: resista a todas as ações que solicitem a estrutura tanto durante sua construção quanto durante sua vida útil e tenha sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante sua vida útil mantidos.

3.1 SISTEMA DE FÔRMAS PARA PAREDES DE CONCRETO

A ABNT NBR 16055:2012 estabelece que as fôrmas do sistema de parede de concreto não devem ser incorporadas ao sistema após a concretagem, assim, define-se como sistema de fôrmas “(...) estruturas provisórias, cujo objetivo é moldar o concreto fresco. É compreendido por painéis de fôrmas, escoramento, cimbramento, aprumadores e andaimes, incluindo seus apoios, bem como as uniões entre os diversos elementos. ”.

O sistema de fôrmas deve resistir a todas as pressões do lançamento do concreto até que este adquira resistência suficiente para a desfôrma, sendo que as fôrmas devem também ser estanques e mantenham rigorosamente a geometria das peças moldadas (precisão dimensional). (Comunidade da Construção, 2016).

Conforme estabelecido pela ABNT NBR 16055:2012, o projeto de fôrmas deve conter:

- Detalhamento geométrico e posicionamento dos painéis;
- Detalhamento geométrico dos equipamentos auxiliares;
- Detalhamento geométrico do travamento e aprumo;
- Detalhamento do escoramento, inclusive escoramento residual permanente;
- Tempo de retirada do escoramento residual;
- Carga acumulada nas escoras do escoramento residual;
- Sequência executiva de montagem e desmontagem;

- Coordenação modular do projeto.

O sistema parede de concreto admites que sejam utilizadas fôrmas metálicas ou plásticas, além das fôrmas de madeira, portanto deve ser dada atenção especial ao agente desmoldante escolhido, pois o produto deve ser adequado para casa superfície evitando que o concreto grude na fôrma e deixe resíduos na superfície das paredes, comprometendo a aderência de revestimentos. (Comunidade da Construção, 2016)

3.1.1 Principais tipos de sistema de fôrmas para paredes de concreto

- Fôrmas metálicas: esse tipo de fôrma utiliza quadros e chapas metálicas para estruturar os painéis e dar acabamento à peça concretada, conforme ilustrado na Figura 33.

Figura 33 - Fôrmas metálicas para parede de concreto

Fonte: Comunidade da Construção
Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/formas/execucao/31/formas.html

- Fôrmas metálicas e compensado: este sistema é composto por quadros em peças metálicas e chapas de compensado para dar acabamento à peça concretada, conforme ilustrado na Figura 34.

Figura 34 - Fôrmas metálicas com compensado

Fonte: Comunidade da Construção
Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/formas/execucao/31/formas.html

- Fôrmas plásticas: são quadros e chapas feitos de plástico reciclado, tanto para estruturar os painéis como dar acabamento à peça concretada, sendo contraventados por estruturas metálicas. O sistema é mostrado na Figura 35.

Figura 35 - Fôrmas plásticas

Fonte: Comunidade da Construção
Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/formas/execucao/31/formas.html

3.1.2 Montagem

A montagem das fôrmas deve ocorrer em conformidade com o projeto de fôrmas, no entanto, o sequenciamento padrão é:

- Nivelamento da laje de piso da fundação ou piso inferior: é importante que o piso da laje inferior esteja perfeitamente nivelado, a fim de evitar diferenças de níveis de topo entre os painéis, o que ocasionaria em descontinuidade no alinhamento superior das paredes;

- Marcação das linhas de parede nas fundações: antes de iniciar a montagem dos painéis de fôrmas, é necessário marcar no piso de apoio (fundação ou laje) as linhas das faces internas e externas das paredes, de modo a orientar o posicionamento dos painéis, conforme indicado na Figura abaixo.

- Montagem de armação;

- Montagem da rede hidráulica;

- Montagem da rede elétrica (ilustrado na Figura 36);

Figura 36 - Rede elétrica já posicionada na armação

Fonte: Comunidade da Construção
Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/formas/execucao/31/formas.html

- Início do posicionamento dos painéis de fôrmas de paredes: a sequência executiva da montagem dos painéis deve ser estabelecida pelo projeto. É usual iniciar a montagem pelas paredes hidráulicas (banheiro ou cozinha), colocando primeiro dos painéis de canto, formando um “L” e depois os painéis da face interna da parede hidráulica. Há duas opções para montagem dos painéis:
    - Painéis internos primeiros e depois os externos: primeiro monta-se um dos lados das fôrmas, executa-se a montagem das armaduras, reforços, instalações elétricas e hidráulicas, esquadrias e posteriormente fecha-se a fôrma com a montagem do outro lado dos painéis;
    - Painéis internos e externos juntos: primeiro são montadas as armaduras, reforços, instalações elétricas e hidráulicas, posteriormente monta-se as esquadrias e painéis de fôrmas internos e externos simultaneamente;
    - Os painéis devem ser montados e conectados com o uso de grampos ou pinos;

- Posicionamento das escoras prumadoras: o uso de escoras prumadoras auxilia a montagem, pois mantém os painéis em pé, e posteriormente permite o ajuste milimétrico do prumo das paredes;

- Colocação das ancoragens: os elementos de fixação da montagem final, também chamados de “elementos de costura”, pois formam as linhas de costura dos painéis, são os responsáveis pela absorção das pressões que o concreto, ainda no estado plástico, deverá exercer sobre as fôrmas;

- Fechamento das fôrmas de paredes: o projeto de fôrmas deve prever que os painéis sejam modulados com dimensões e peso que permitam o fácil manuseio e transporte de um operário. Os diversos módulos e acessórios devem se encaixar de acordo com a sequência determinada em projeto, garantindo rigidez ao conjunto;

- Desforma: a desforma deve ser feita quando o concreto atingir a resistência e a elasticidade prevista no projeto. A retiradas das fôrmas e do escoramento deve ser feita sem choques, evitando assim o aparecimento de fissuras por ações mecânicas.

Após a desmontagem, os painéis devem ser limpos, retirando a película de argamassa que impregna a superfície do painel. Podem ser utilizados jatos fortes de água para realizar a limpeza, tomando cuidados para não comprometer o acabamento das fôrmas. Outra opção é o uso de água e escova ou espátula plástica. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2016)

3.2 ARMADURA

Os cuidados na execução da armadura para paredes de concreto, ou qualquer estrutura, deve iniciar no recebimento, passando pelo transporte e armazenagem até a montagem da armadura na fôrma.

3.2.1 Recebimento, transporte e armazenagem

A ABNT NBR 16055:2012 estabelece que durante os processos de transporte, armazenagem e posicionamento do aço no elemento estrutural não podem ocorrer avarias na armadura. Quando à estocagem, não pode haver contato direto com o solo.

As barras de aço, telas soldadas e armaduras pré-fabricadas devem ser claramente identificáveis na obra, para evitar a troca involuntária de posições. O estoque pode ocorrer de duas maneiras: horizontal, uma solução prática para obras que dispõem de grandes áreas para armazenamento de material e em cavaletes, quando há restrições de áreas para armazenamento. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2016)

3.2.2 Preparo e montagem da armadura

A montagem das telas soldadas e reforços deve seguir estritamente o projeto estrutural. Primeiramente, deve ocorrer a montagem da armadura principal e, em seguida, as armaduras de reforços, ancoragens de cantos e cintas. Devem ser utilizados espaçadores que garantam o posicionamento das telas e a geometria dos painéis em obediência ao projeto. É imprescindível que o cobrimento especificado para a armadura no projeto seja mantido.

3.3 CONCRETAGEM

Para o início da concretagem, os cuidados preliminares que devem ser tomados são desde a conferência das fôrmas e armações, bem como do concreto.

3.3.1 Tolerâncias

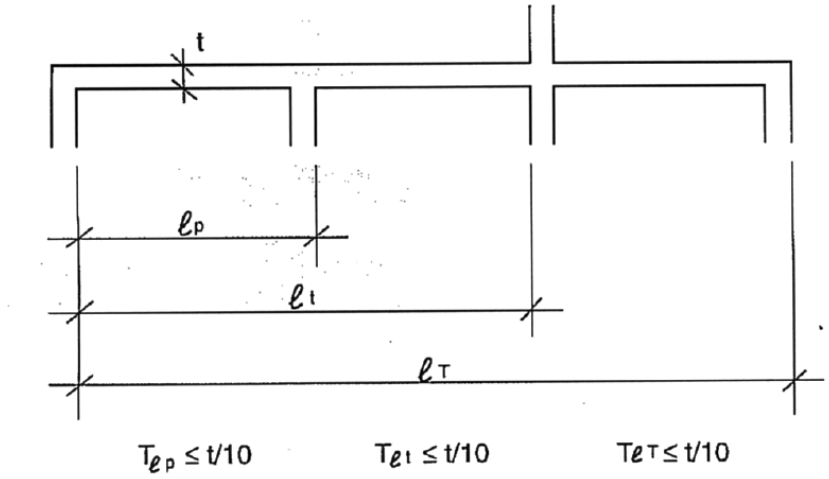
Além dos cuidados que devem ser tomados na execução de estruturas de concreto armado convencionais, ao sistema de parede de concreto deve ser dado maior cuidado no que diz respeito às dimensões, a fôrma, a posição das peças, e as dimensões e posição da armadura

estejam com a maior precisão possível em relação às indicações de projeto. Para tal, devem ser respeitadas as tolerâncias estabelecidas pela ABNT NBR 16055:2012.

- Espessura das paredes: a tolerância dimensional para as espessuras das paredes é de ± 5 mm;

- Comprimento das paredes: a tolerância dimensional para o comprimento das paredes (T_l), por trecho ou por parede total, é de um décimo da espessura das paredes, sendo que essa tolerância se estende ao comprimento total do pavimento, conforme ilustra a Figura 37;

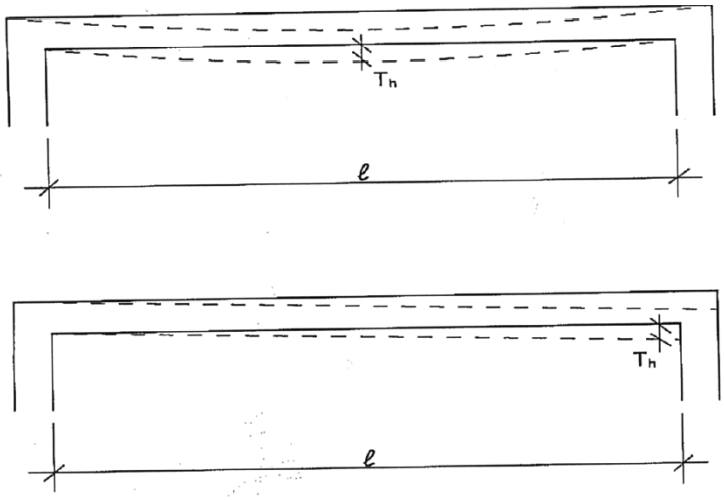
Figura 37 - Tolerâncias para o comprimento da parede



Fonte: ABNT NBR 16055:2012

- Desalinhamento horizontal das paredes: para a liberação do gabarito de locação das paredes do primeiro pavimento, a tolerância para a posição dos eixos de cada parede em relação ao projeto é de ± 5 mm, sendo para os demais pavimentos o mesmo valor, porém relativo ao eixo das paredes do primeiro pavimento. A tolerância individual de desalinhamento horizontal (T_h) de elementos estruturais lineares deve ser menor ou igual a $l/500$ ou 5 mm, sendo "l" o comprimento do elemento, expresso em milímetros, conforme ilustrado na Figura 38;

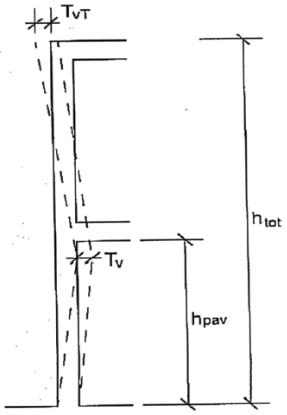
Figura 38 - Tolerância para desvios horizontais



Fonte: ABNT NBR 16055:2012

- Desalinhamento vertical e prumo das paredes: a tolerância individual de desaprumo (T_V) de elementos estruturais deve ser menor ou igual a h/500 ou 50 mm, sendo h a altura do pavimento, em milímetros. A tolerância cumulativa para o desaprumo (T_{vT}) deve ser menor que 10 mm. A Figura 39 demonstra o desalinhamento vertical e desaprumo das paredes;

Figura 39 - Tolerância para desaprumo



Fonte: ABNT NBR 16055:2012

- Tolerâncias para o posicionamento das armaduras: para telas centradas, é permitida uma tolerância de 2 cm em pontos isolados, desde que o cobrimento especificado não seja comprometido. No caso de telas duplas, a tolerância é de 1 cm, desde que se mantenha garantido o cobrimento especificado;

- Nivelamento: tanto para o nivelamento das fôrmas antes da concretagem, como para o nivelamento do pavimento após a concretagem (ainda escorado) e exclusivamente devido ao peso próprio, em ambos os casos em relação às cotas de projeto, a tolerância deve ser inferior a 10 mm.

3.3.2 Recebimento do concreto

Garantidos que todos os cuidados com as tolerâncias foram tomados, é importante garantir a qualidade do concreto para a produção de uma boa estrutura.

No ato do recebimento do concreto preparado em central de dosagem, é importante observar, além dos dados na nota fiscal, o tempo de transporte decorrido entre o início da mistura, contado a partir da primeira adição de água, até a entrega do concreto na obra. Esse tempo deve ser fixado de modo que o fim do adensamento não ocorra após o início de pega do concreto lançado e das camadas ou partes contíguas a essa remessa, evitando a ocorrência de juntas frias.

A verificação dos dados da nota fiscal garante que o concreto entregue está em conformidade com o concreto solicitado e, consequentemente, com o concreto especificado em projeto. Assim, essa conferência deve ser feita antes da liberação da descarga do concreto para uso. Após a descarga, a trabalhabilidade do concreto é a propriedade que deve ser verificada para garantir que o concreto esteja com a consistência desejada e se não ultrapassou o abatimento (*slump)* ou o espalhamento (*flow*) limite especificado na entrega.

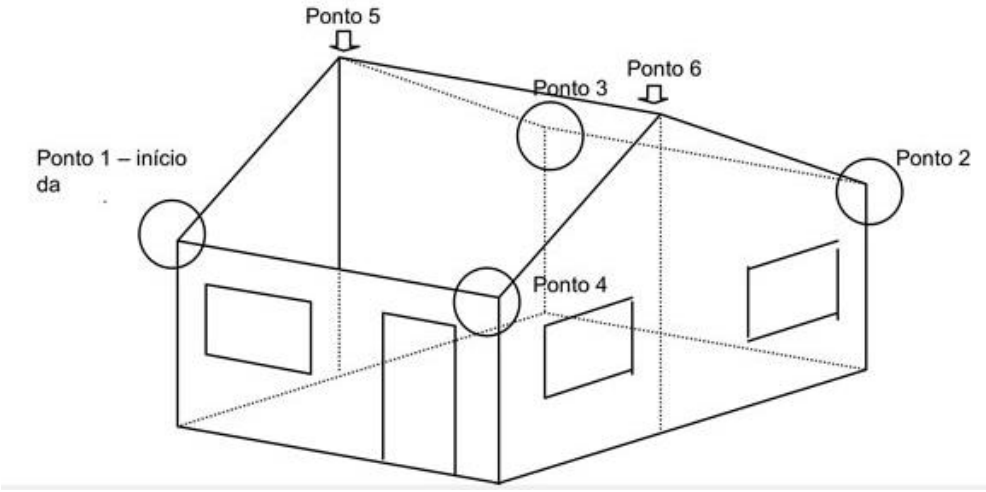
3.3.3 Lançamento do concreto

O lançamento do concreto nas fôrmas deve ser antecedido de um planejamento detalhado, o chamado Plano de Concretagem, no qual devem ser levados em conta fatores como o

concreto utilizado, a geometria das fôrmas, o layout do canteiro e qual o plano de ataque do empreendimento.

Para os casos de concreto autoadensável um dos principais pontos de análise é a escolha dos pontos pelos quais serão feitos a concretagem, levando em conta a elevada fluidez do material e garantindo que a massa fluida possa caminhar homogeneamente pelas fôrmas e preencher todos os vazios sem quaisquer dificuldades. Um bom plano é iniciar a concretagem pelos cantos da edificação, até que uma significativa parcela das paredes próximas ao ponto esteja totalmente cheia. Em seguida, muda-se a posição em direção ao canto oposto, até que se complete o rodízio dos quatro cantos opostos da estrutura. A finalização da concretagem se dá com o lançamento na linha mais elevada das fôrmas. Esse processo é ilustrado pela Figura 40.

Figura 40 - Esquema de escolha dos pontos de concretagem



Fonte: Comunidade da Construção
Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/concreto/execucao/33/concreto.html

Durante a concretagem das paredes não são admitidas interrupções com duração superior a 30 minutos. Caso seja ultrapassado esse tempo, fica caracterizada uma junta de

concretagem. O lançamento de nova camada de concreto após o início de pega do concreto lançado deverá seguir as recomendações definidas para Juntas de Construção.

Para o uso de concretos convencionais, o adensamento do concreto segue as mesmas especificações da seção 2.5.3 do capítulo 2. No entanto, cuidados especiais devem ser tomados para paredes de concreto, pois as fôrmas das paredes corriqueiramente são estreitas e altas, tornando-se importante um sistema de adensamento suficiente. Com uso dos concretos autoadensável ou celular, que possuem grande fluidez e plasticidade, elimina-se a necessidade de vibração e a alta viscosidade evita a segregação dos materiais.

3.3.4 Cura

Enquanto não atingir o endurecimento satisfatório, o concreto deve ser protegido contra agentes que lhe são prejudiciais: mudanças bruscas de temperatura, secagem, vento, chuva forte, água torrencial, agentes químicos, choques e vibrações de intensidade que possam produzir fissuração na massa do concreto ou afetar sua aderência à armadura. A norma brasileira ABNT NBR 12645 especifica que a cura do concreto deve ser executada sempre e que seu início deve ocorrer logo após a desforma, evitando-se assim a secagem prematura do concreto. Quanto mais cedo for feita a cura, menor a possibilidade de surgirem fissuras superficiais, principalmente em lajes.

Existem dois métodos principais de cura: cura por molhagem e cura por membrana (películas impermeáveis/agentes de cura).

O primeiro método consiste em umedecer o concreto com água. Para isso é necessário que a superfície do concreto esteja continuamente em contato com água durante um período de tempo estabelecido (mínimo de três dias – molhando a parede pelo menos 5 vezes ao dia). Essas condições podem ser conseguidas por espalhamento contínuo, com mangueira, por exemplo, iniciando-se o processo tão logo a superfície do concreto não seja mais danificada pela ação (contato) da água. Ou então se deve cobrir a parede com sacos de aniagem que serão periodicamente umedecidos, renovando-se o teor de água em contato com a parede.

A utilização de membranas impermeáveis, também chamadas de agentes de cura, é a segunda alternativa. Consiste no processo de passar uma fina camada de produto químico

com características impermeáveis, evitando que o concreto perca a água de hidratação. O principal inconveniente desse processo é a necessidade de remoção dessa película, por meio de escovação ou lavagem das paredes com água quente, para garantir a aderência do revestimento final (textura, massa corrida etc.).

O endurecimento do concreto pode ser antecipado por meio de tratamento térmico (cura térmica) adequado e devidamente controlado, o que não dispensa as medidas de proteção contra a secagem.

3.3.5 Controle tecnológico do concreto

Esse controle é feito com o concreto em estado “fresco”, assim que o caminhão betoneira chega à obra, e segue a norma de amostragem de concreto fresco ABNT NBR NM 33. Os ensaios necessários nesta etapa são:

- *Slump*: realizado antes de descarregar o caminhão betoneira e antes de adicionar o aditivo superplastificante (quando for usado), segundo a ABNT NBR NM 67;
- *Slump Flow* ou Espalhamento: realizado depois da medição do *Slump*, depois de adicionar o superplastificante e antes de descarregar o caminhão na bomba de concreto;
- Moldagem de corpos-de-prova: no terço médio do volume transportado por um caminhão betoneira devemos colher um volume de concreto para moldar corpos-de-prova cilíndricos, conforme prescreve a norma ABNT NBR 5738;
- Transporte, desforma, cura e rompimento dos corpos-de-prova seguindo a ABNT NBR 5739;
- Cálculo da resistência característica do concreto, considerando a divisão da estrutura em lotes, conforme a ABNT NBR 12655.

3.4 INSTALAÇÕES

Uma das características mais importantes do sistema parede de concreto é permitir que, após a desforma, as paredes contenham, embutidos em seu interior, todos os elementos previstos em projeto, tais como: caixilhos de portas e janelas, tubulações elétricas e hidráulicas, fixação de cobertura ou outros insertos como, por exemplo, ganchos para rede.

3.4.1 Portas e janelas

Os elementos de esquadrias (batentes de portas e caixilhos de janelas) podem ser colocados simultaneamente à montagem dos demais componentes das paredes. O procedimento mais recomendado é embutir esses elementos nos painéis de fôrmas, reduzindo o uso de mão de obra. Todos os elementos de esquadrias devem ter espessura igual ou inferior à largura das paredes.

Peças com largura inferior à largura da parede deverão ser fixadas em um marco (de madeira, aço ou outro material), também chamado de gabarito, cuja finalidade é o posicionamento de tais peças no lugar determinado pelo projeto. Os gabaritos, por sua vez, deverão também ser fixados aos painéis de fôrmas, de modo que quando desmontados os moldes de paredes, eles possam ser retirados facilmente para novo reaproveitamento.

3.4.2 Rede hidráulica

Os pontos de conexões da rede hidráulica devem ser marcados nos painéis de fôrmas de paredes já na primeira montagem, marcando sempre as mesmas posições nas várias operações futuras de execução das casas ou edifícios.

Os furos para fixação das conexões (joelhos, cotovelos, tês, registros de chuveiro etc.) devem ser feitos com serra de copo para não danificar o revestimento dos painéis, quando se trabalha com fôrmas que utilizam chapas de madeira compensada ou material sintético para dar o acabamento na peça concretada. Já para as fôrmas que utilizam chapas metálicas como acabamento dos painéis (geralmente alumínio), deve-se evitar as perfurações para a fixação das peças hidráulicas. Nestes casos, além de amarrar nas armaduras, deve-se colocar

espaçadores entre a rede de tubos hidráulicos e as faces dos painéis para garantir o recobrimento e o posicionamento das peças.

3.4.3 Rede elétrica

A montagem da rede elétrica segue a mesma sistemática apresentada para a rede hidráulica. As caixas de interruptores, tomadas, luzes etc. são fixadas nos painéis de fôrmas de paredes por meio de gabaritos, de acordo com a posição indicada nos respectivos projetos.

Em caixas que apresentem orifícios por onde possa entrar o concreto (ou “vazar”), devem ser feitos preenchimentos com papel ou pó de serra, impedindo assim que o concreto obstrua os orifícios dos dutos elétricos. Os eletrodutos devem ser fixados às armaduras, evitando-se que sejam deslocados durante o lançamento do concreto. Devem ser colocados espaçadores entre a rede de dutos e os moldes de paredes para garantir o recobrimento e o posicionamento.

3.4.4 Acabamentos

Uma das características importantes deste sistema construtivo é a grande redução da espessura das camadas de revestimento. Não existem restrições quanto ao uso de qualquer tipo de revestimento, sendo exigidos apenas o cumprimento das especificações do fornecedor do material e, normalmente, são aplicados diretamente sobre a parede de concreto. É recomendável apenas que o acabamento seja iniciado após uma cura úmida da parede.

Como resultado tem-se que, após a desforma, as paredes niveladas e aprumadas exibem uma textura regular, apresentando apenas os sinais superficiais das junções entre painéis e furos das ancoragens. Também são visíveis pequenas bolhas de ar, geradas pela espuma ou incorporadas à massa durante o processo de lançamento.

As rebarbas decorrentes das junções de painéis devem ser removidas com uma espátula logo após a desforma. Os furos de ancoragens devem ser preenchidos com argamassa de cimento e areia. As eventuais falhas decorrentes de infiltração de ar (não destruídas durante a mistura

no interior da betoneira) e as falhas provocadas pela heterogeneidade da granulometria da areia e impurezas podem ser corrigidas com a operação de feltragem.

A feltragem tem como objetivo a retirada dos sinais superficiais da fôrma, a redução da porosidade superficial, o tamponamento de pequenos poros e bolhas de ar superficiais e a melhoria da qualidade estética das paredes. Trata-se de uma operação básica (e opcional) realizada algumas horas após a desforma das paredes e antecedida pelo lixamento de rebarbas da superfície. Ela consiste na aplicação de uma camada de nata de cimento Portland, com traço rico em cimento, por meio de desempenadeiras de madeira revestidas com espuma.

Os materiais mais empregados em obras já realizadas são: massa corrida, revestimentos cerâmicos, texturas e argamassas industrializadas sendo, nestes casos, aplicados diretamente sobre as paredes, sem necessidade da feltragem.

4 METODOLOGIA

Para atender os objetivos do presente trabalho, elaborou-se a metodologia a seguir descrita. As principais etapas foram: escolha de um empreendimento, caracterização do empreendimento, coleta de dados no canteiro de obras, análise dos dados obtidos, análises das principais causas de manifestações patológicas e, finalmente, propostas de melhorias.

4.1 ESCOLHA DO EMPREENDIMENTO

A escolha do empreendimento a ser estudado baseou-se principalmente na tipologia construtiva ser a paredes de concreto, bem como na facilidade de acesso às informações necessárias, por ser a construtora e incorporadora em que a autora do trabalho atua como Assistente de Engenharia. Foram fatores preponderantes também a existência de um consistente Sistema de Gestão da Qualidade e o conjunto de conhecimentos práticos do sistema de paredes de concreto adquirido pela construtora ao longo dos anos.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A construtora e incorporadora do empreendimento está no mercado imobiliário desde 1979 e é considerada a maior construtora e incorporadora do país no segmento de imóveis voltados para classe média e média baixa. Suas construções estão presentes em mais de 140 cidades brasileiras, possui Certificação ISO 9001, através da implantação do Sistema de Gestão da Qualidade, e, desde 2001, conquistou a certificação no nível A do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Habitação (PBQP-H), que exige qualificação da mão-de-obra, padronização e verificação constante e preventiva dos processos, redução nos índices de desperdício e tentativa de eliminar o retrabalho. Em 2014, a empresa recebeu as certificações ISO 14001, que estabelece padrões na gestão de meio ambiente, e OHSAS 18001, que estabelece padrões na gestão de segurança e saúde.

O empreendimento estudado fica localizado em Aparecida de Goiânia, com área construída igual a 9850,38 m², em um terreno de 9998,50 m². É composto por 11 blocos, com 4 pavimentos, construídos em parede de concreto e 1 bloco para Portadores de Necessidades Especiais, com 5 pavimentos, construído em alvenaria estrutural, sendo que a estrutura iniciou em 17/10/2016 e finalizou em 14/02/2017.

No total são 196 unidades habitacionais, distribuídas em cinco tipologias:

- Apartamentos de dois quartos com área total de 42,81 m²;
- Apartamento de dois quartos com área total de 48,06 m²;
- Apartamento de dois quartos com área total de 48,10 m²;
- Apartamento de dois quartos (PNE) com área total de 48,06 m²;
- Apartamento de dois quartos (PNE) com área total de 48,10 m².

4.3 COLETA DE DADOS NO CANTEIRO DE OBRAS

A primeira fase da coleta de dados consistiu no estudo do procedimento de execução de serviço para paredes de concreto da construtora, bem como dos métodos de avaliação desta etapa de obra constantes no Sistema de Gestão de Qualidade, seguida do acompanhamento em campo da concretagem de um pavimento do empreendimento, desde a montagem da armação e das instalações até a desfôrma do pavimento, a fim de entender qual a sistemática adotada pela obra. O acompanhamento de concretagens aconteceu entre os dias 04 e 13 de janeiro de 2017.

Nesta etapa, foi identificado que o ciclo de concretagens estava sendo de 24 horas, ou seja, todo dia era concretado um pavimento da obra, o que impossibilitou a coleta de dados através de um formulário próprio da autora do trabalho, pois havia mais de uma atividade relacionada à estrutura sendo executada ao mesmo tempo (ex.: enquanto era concretado um pavimento, era montada a armação do próximo pavimento a ser concretado). Assim, foi definido que seriam utilizados os dados de rastreabilidade do concreto, bem como as Fichas de Verificação de Serviço (FVS) preenchidas pela própria obra como fonte de dados analíticos para o estudo. No início de abril foram coletados e analisados dados das FVS das 176 unidades em parede de concreto.

No momento da concretagem, antes de liberar o caminhão betoneira, foi realizado o *flow test* pelo técnico do laboratório terceirizado de controle tecnológico montado no próprio canteiro de obra, conforme ilustrado na Figura 41. Em seguida, ainda pelo técnico do laboratório, foram moldados os corpos de prova de diâmetro 10 x 20 centímetros de altura para realização dos

ensaios de resistência à compressão. Os resultados de ambos os ensaios foram fornecidos e analisados de maneira quantitativa e qualitativa.

Figura 41 - *Flow test*

As FVS foram preenchidas pelos estagiários e encarregados responsáveis pelos serviços. Nela, a atividade de execução da estrutura divide-se em 6 etapas: instalações, malha de aço, montagem de fôrma, concreto, desfôrma e estucagem dos orifícios após retirada das gravatas. Em todas as atividades (exceto desfôrma e estucagem) existe uma série de itens a serem avaliados bem como as tolerâncias e onde se encontram as referências de Procedimento de Execução do Serviço (PES) referente à atividade. Os itens devem ser avaliados por apartamento e deve ser indicada a data de início do serviço, informação da inspeção (aprovado, reprovado ou não se aplica) e data de término do serviço. Em caso de reprovação ou não conformidade, deve ser descrito o problema, a correção proposta e informada a reinspeção. A Figura 42 mostra quais são os itens avaliados pela FVS de Parede de Concreto.

Figura 42 - Ficha de verificação do serviço de Parede de Concreto

ATIVIDADES		Nº	ITENS	TOLERÂNCIAS
ESTRUTURA	Instalações	1	Distribuição das caixas elétricas	± 50 mm
		2	Fixação das caixas elétricas	Devem estar bem travadas nas armações
		3	Distribuição das mangueiras elétricas	± 50 mm
		4	Fixação das mangueiras elétricas	Devem estar bem travadas nas armações
		5	Passagens hidráulicas e ralos	± 5 mm nos eixos
	Malha de aço	6	Diâmetro (bitola)	Conforme projeto
		7	Espaçamentos	Conforme projeto
		8	Espaçadores	Conforme projeto
		9	Encontro de telas e reforços	± 5 mm
		10	Posicionamento	± 5 mm por metro
	Montagem de fôrma	11	Posição dos vãos	± 5 mm por vão
		12	Dimensões dos vãos	± 5 mm por vão
		13	Desmoldante	Todas as peças devem estar com desmoldante
		14	Prumo	± 5 mm por pé direito
		15	Alinhamento	± 5 mm por metro
		16	Nivelamento	± 5 mm na extensão da Asa
		17	Esquadro (da fôrma)	± 3 mm em 40 cm
		18	Travamento	Todas as fôrmas não devem apresentar mobilidade
		19	Escoramento	Todas devem estar fixas
	Concreto	20	Espessura do concreto	Conforme projeto
		21	Cura do concreto	Visualmente
		22	Conferência da resistência do concreto na Nota Fiscal	Conforme projeto
	Desfôrma			≥ 3 MPa com 12 horas para desfôrma
	Estucagem dos orifícios após retirada das gravatas			Todos os orifícios devem estar preenchidos

4.4 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

A partir dos dados coletados por meio das FVS, foi realizada a tabulação e organização das informações de forma a possibilitar a visualização dos itens com maior índice de reprovação, através de um gráfico de barras. Nenhum dado amostral foi descartado e para cada item de avaliação foram identificadas as possíveis manifestações patológicas e falhas associadas e qual seria uma forma de mitigar essas ocorrências.

Dada a identificação dos itens com maior incidência de falhas durante a verificação e recebimento dos serviços, foi feita uma análise de quais manifestações patológicas poderiam surgir relacionadas às reprovações não corrigidas. Nesse sentido, foi analisada também a causa associada ao próprio procedimento de execução do serviço, e não somente às reprovações.

A fim de identificar as falhas da própria FVS e do procedimento de execução do serviço, foi feita também uma análise inversa das manifestações patológicas, identificando a partir de

inspeção visual quais foram as principais manifestações, suas possíveis causas e qual ação preventiva poderia ser adotada no aspecto de evitar o não aparecimento das mesmas.

4.5 PROPOSTAS DE MELHORIAS

Finalizadas todas as análises, foram feitas propostas de melhorias no procedimento de execução do serviço, adequando as recomendações normativas de Concreto Armado e Paredes de Concreto ao ciclo de produção e melhorias nos itens avaliados na Ficha de Verificação de Serviço.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo visa demonstrar e estudar os dados coletados, a partir da metodologia exposta no capítulo anterior, a fim de alcançar os objetivos propostos por este trabalho.

5.1 A EXECUÇÃO DA ESTRUTURA EM PAREDE DE CONCRETO

A primeira etapa da execução da estrutura é a execução das linhas de marcação, com uso de linha de pedreiro (nylon) e pó xadrez de cor destacável. A partir das linhas, são colocados distanciadores para fôrma, faceando a marcação, os quais irão guiar a montagem da fôrma. A Figura 43 ilustra o uso dos distanciadores de plástico.

Figura 43 - Uso de distanciadores

O próximo passo é a montagem das armações das paredes, centralizando as telas, conforme especificação do projeto. Na laje do pavimento inferior são deixadas pontas de vergalhões sobressalentes com o objetivo de auxiliar a montagem da armadura do pavimento superior. Dessa maneira, as telas são “amarradas” ao vergalhão para manter-se na posição adequada (vertical e sobre o eixo). Após a colocação das telas, são colocados os espaçadores de parede, cuja função é a de manter a armação no eixo da parede após a concretagem. As telas são colocadas sem recortes de vãos, estes são feitos em uma outra etapa. A Figura 44

demonstra a tela montada e os vergalhões de apoio da armação. É nesta etapa que também são fixadas, nas próprias telas de aço, as mangueiras e caixas elétricas.

Figura 44 - Tela montada com vergalhões de apoio e instalações elétricas

Com as telas posicionadas, é feita a montagem das fôrmas. A junção das peças do jogo de fôrmas é feita através de elementos chamados “gravatas”, que são fixados com pinos e cunhas. As gravatas são envoltas por “camisinhas”, feitas de polietileno expandido, que facilitam a retirada das peças após a concretagem. A Figura 45 exemplifica o uso das gravatas e a Figura 46 demonstra o esquema de fixação das fôrmas com pinos e cunhas.

Figura 45 - "Gravata" com "camisinha" já posicionada na fôrma

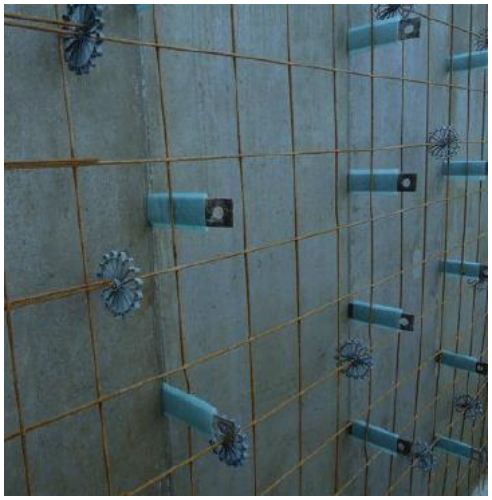
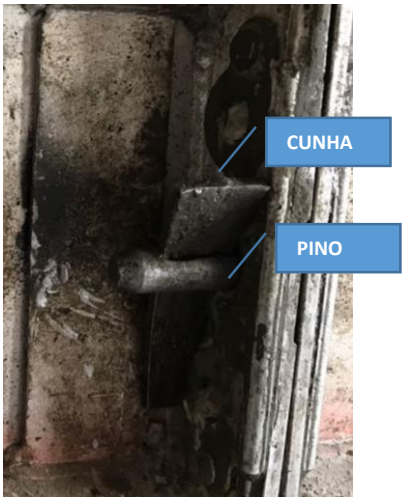
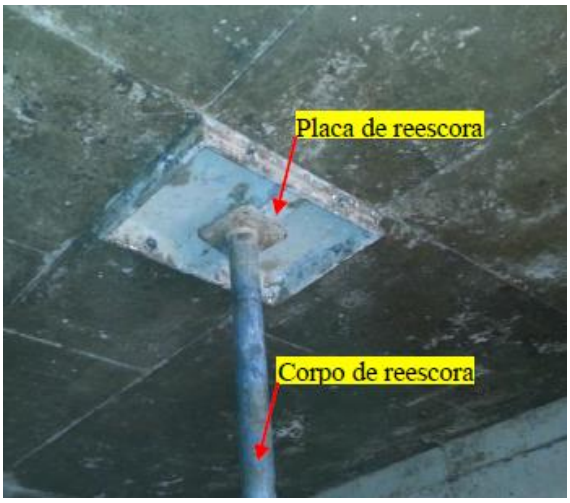


Figura 46 - Fixação com pinos e cunhas



Com as fôrmas de paredes montadas, é feita a montagem das fôrmas das lajes, que são apoiadas por escoras metálicas. Nas peças do escoramento residual, existem placas de reescora, conforme demonstra a Figura 47.

Figura 47 - Conjunto de reescoramento



Externamente e internamente, são utilizadas peças com a função de dar travamento à fôrma. São elas: escoras, tensores de portas, alinhadores e esquadros. As Figuras 48 e 49 ilustram estas peças.

Figura 48 - Escoras, alinhadores e esquadros

Figura 49 - Tensores de portas e alinhadores

É importante salientar que antes das fôrmas serem montadas é aplicado o desmoldante. O utilizado pela obra em estudo é o AG-desmoldante ECO, da marca Coplas, o qual, segundo o fabricante, é atóxico e biodegradável, à base de matérias-primas de origem vegetal e indicado para o sistema construtivo de paredes de concreto.

Com as fôrmas de lajes devidamente montadas, é feita a armação da laje, juntamente com suas instalações. O sistema é conferido e, então, liberado para concretagem. O concreto utilizado é do tipo autoadensável, com f_{ck} de 20 MPa e *flow* 70 ± 5 centímetros. O caminhão betoneira chega na obra com concreto convencional e este é dosado na iminência do início da concretagem, após a dosagem é feito o *flow test* a fim de verificar o espalhamento do concreto e autorizar o caminhão para a concretagem. O *flow test* realizado é demonstrado na Figura 41 (capítulo 4).

A concretagem inicia-se pelo centro da laje e, enquanto um caminhão descarrega, o próximo é dosado e testado. A Figura 50 ilustra a etapa de concretagem. O horário e sequência da concretagem deve ser muito bem alinhada junto à concreteira, com o objetivo de eliminar a possibilidade de ocorrência de junta fria, pois o concreto autoadensável inicia a pega com 30 minutos.

Figura 50 - Concretagem

No momento de realização do *flow test*, são moldados também os corpos de prova para teste de resistência à compressão. Com 12 horas é feito o primeiro ensaio de resistência à compressão e os resultados devem atingir no mínimo 3,0 MPa, para que seja liberada a desfôrma. Os ensaios são realizados com 12 horas, 14 dias, 28 dias e, caso seja necessário fazer contraprova, com 63 dias.

A desfôrma ocorre no dia seguinte à concretagem. Após a retirada das peças, elas devem ser limpas antes de iniciar a montagem de formas do próximo pavimento a ser concretado.

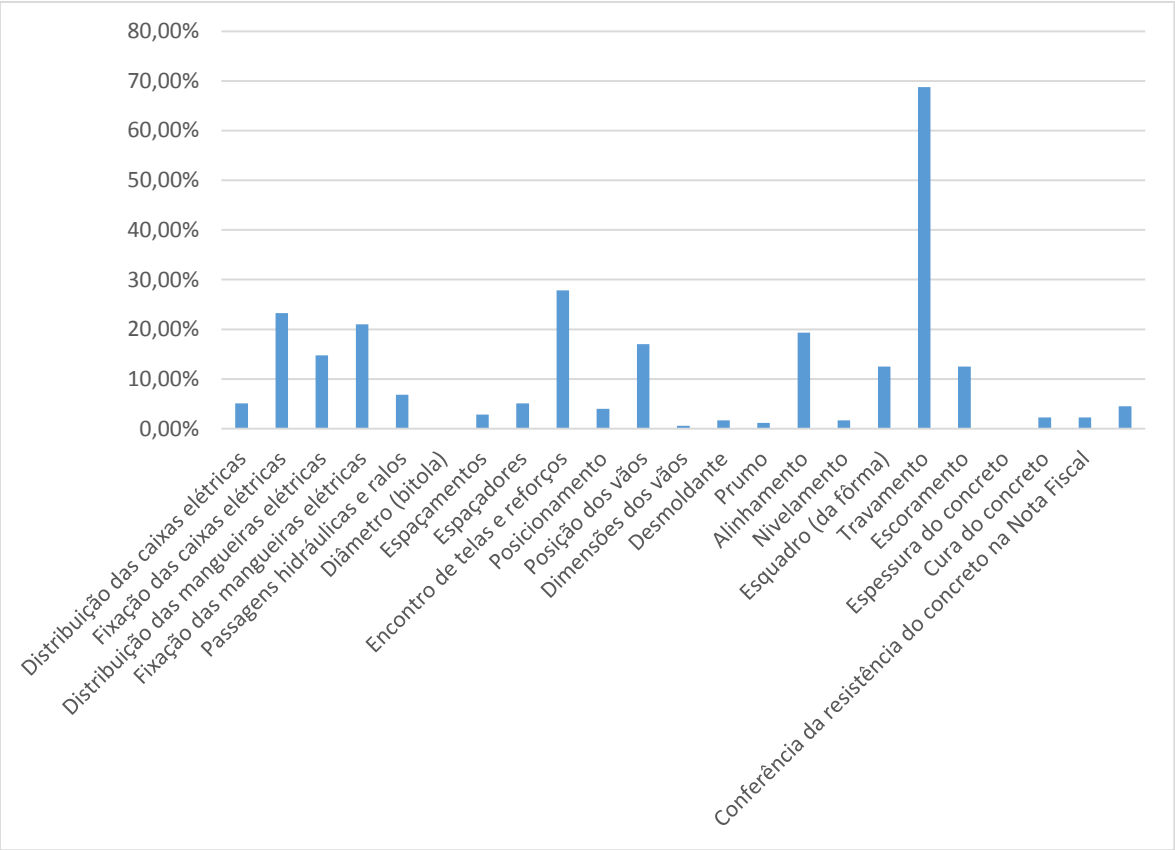
5.2 CONFORMIDADES E NÃO CONFORMIDADES

Compilando as informações dos resultados de conformidades (aprovações) e não conformidades (reprovações) nas FVS, verificamos que, conforme mostra a Figura 51, que os cinco itens com maiores índices de reprovações foram:

- Travamento da fôrma – 68,75%;
- Encontro de telas e reforços – 27,84%;
- Fixação das caixas elétricas – 23,30%

- Fixação das mangueiras elétricas – 21,02%;
- Alinhamento da fôrma – 19,32%.

Figura 51 - Percentual de reprovações



Outro aspecto observado foi o controle tecnológico realizado, compilando os resultados das rastreabilidades de concreto, identificou-se que dos 320 caminhões-betoneira que foram utilizados, apenas 11 tiveram espalhamento diferente do especificado (70 ± 5 cm); nenhum deixou de atingiu a resistência mínima (3,0 MPa) com 12 horas, 19 não atingiram a resistência de projeto (20,0 MPa) aos 14 dias, dos quais 9 não atingiram a resistência de projeto (20,0 MPa) com 28 dias. Dos 9 caminhões que não atingiram a resistência aos 28 dias, foi feita a contraprova aos 63 dias e 6 não chegaram à resistência de projeto, no entanto a menor resistência atingida foi de 18,77 MPa, que foi liberada pelo projetista estrutural responsável pelo projeto. As Figuras 52 a 56 contém um gráfico que demonstra esses números.

Figura 52 – Resultados *flow test*

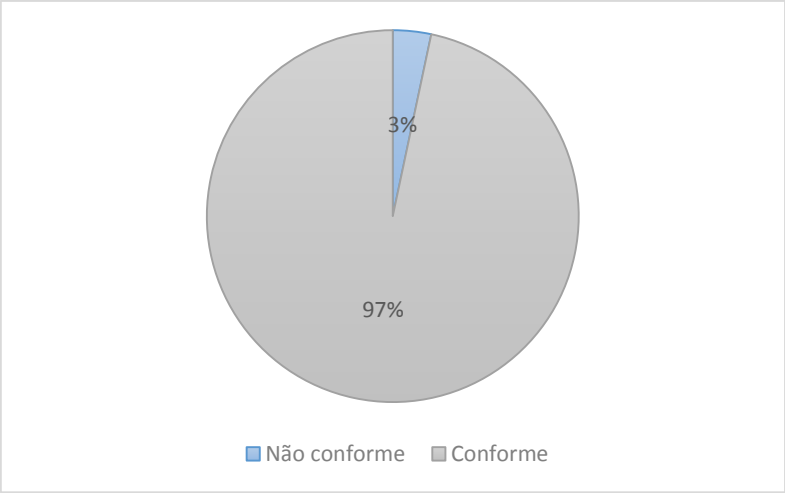


Figura 53 - Resultado da resistência à compressão com 12 horas

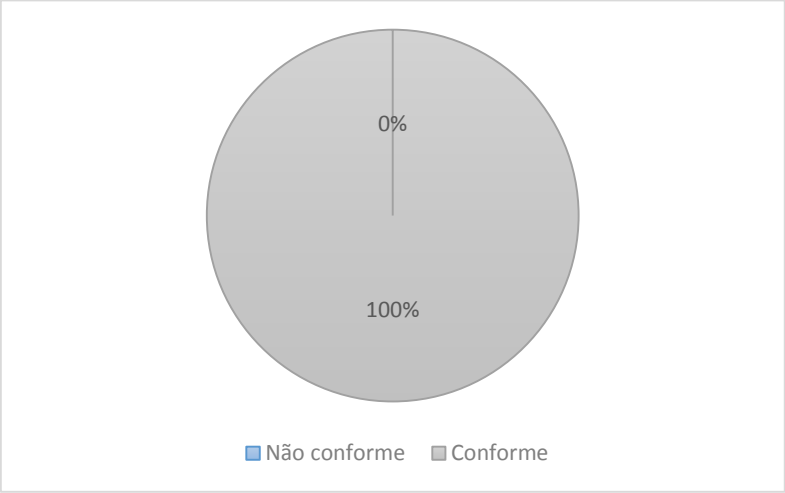


Figura 54 - Resultado da resistência à compressão com 14 dias

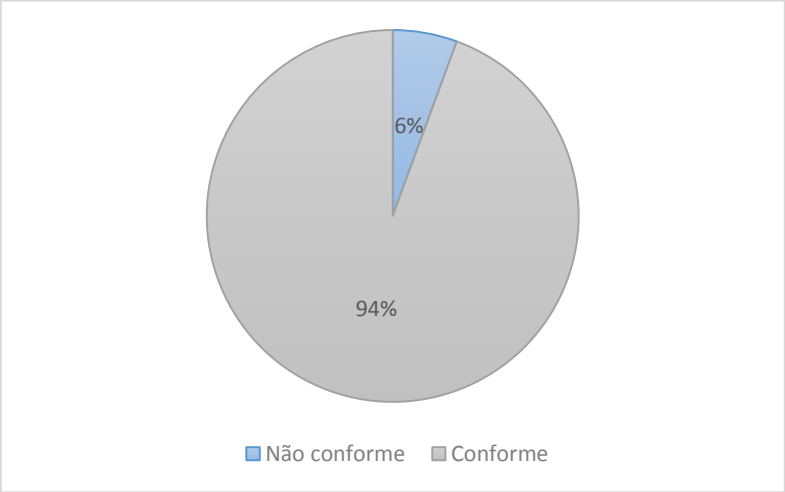


Figura 55 - Resultado da resistência à compressão com 28 dias

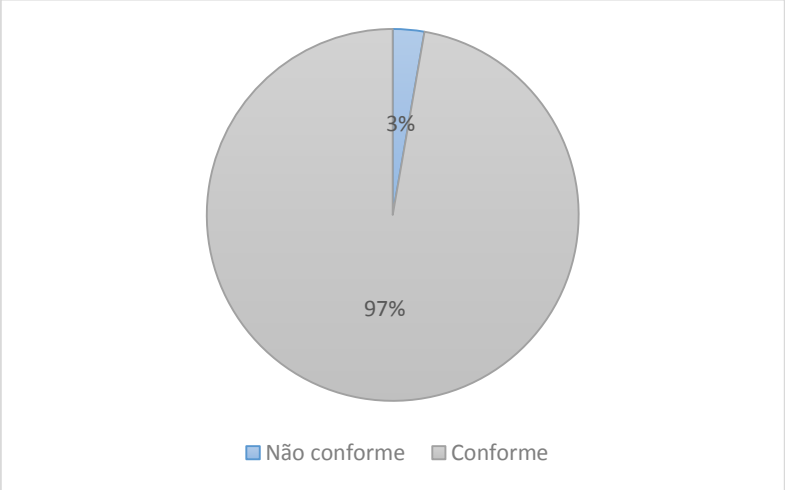
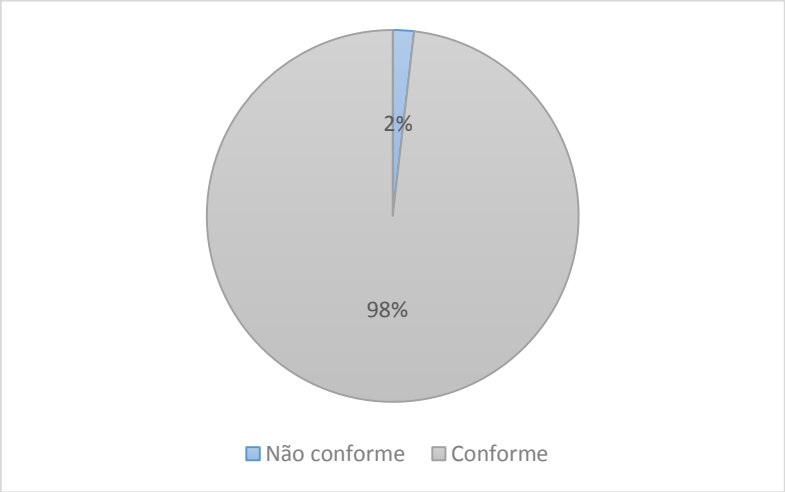


Figura 56 - Resultado da resistência à compressão com 63 dias



5.3 FALHAS DURANTE A EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS

Cada um dos itens que são inspecionados no recebimento dos serviços, através da FVS, tem uma manifestação patológica associada às suas falhas de execução, estas manifestações serão discutidas abaixo.

5.3.1 Instalações

Os itens de instalações englobam a inspeção da existência, correto posicionamento e fixação de caixas elétricas de embutir, mangueiras elétricas, passagens hidráulicas e ralos. A falha na fixação, itens que possuíram alta reprovação (23,30% em caixas elétricas e 21,02% em mangueiras elétricas), comprometem a estanqueidade da fôrma, permitindo o vazamento da nata do cimento, além de não garantir o correto posicionamento destes elementos.

No caso de ocorrer o vazamento da nata de cimento, será necessário o serviço não planejado de raspagem do local a fim de eliminar esta irregularidade na superfície da parede. Já no caso de as caixas de embutir ficarem com posicionamento incorreto, será necessário quebrar o local para ajuste e preencher a abertura formada com graute, podendo ocorrer problemas futuros com a aderência em relação ao concreto da parede. A Figura 57 mostra a perda de

estanqueidade em caixas de embutir elétricas e a Figura 58 um caso de posicionamento incorreto, já corrigido.

Figura 57 - Escorrimento de nata de concreto em caixinhas elétricas

Figura 58 - Falha de posicionamento de caixinhas de embutir elétricas

5.3.2 Malha de aço

Neste item são analisados diâmetro, espaçamento, uso de espaçadores, encontro de telas e reforços e posicionamento da armadura. Neste caso, a maior reprovação ocorreu no encontro de telas e reforços, com 27,84%, um valor alto, visto que a ausência de reforços pode comprometer a segurança estrutural da parede de concreto, que poderá apresentar fissuras e trincas no encontro de paredes e cantos de portas e janelas (locais de encontro de tela e colocação de reforços).

Um ponto de atenção para a malha de aço é o posicionamento dos espaçadores nas lajes, que podem se deslocar devido a movimentação dos trabalhadores sobre a fôrma no momento da concretagem. A Figura 59 mostra um espaçador da armadura posicionado, mas sem que a tela esteja sobre ele.

Figura 59 - Posicionamento de espaçadores

O fato de no momento da conferência o encarregado/estagiário ser acompanhado pela equipe de montagem das fôrmas e armação propicia a correção imediata destas falhas, quando identificadas. Este fato combinado à inspeção deste trabalho de identificação de manifestações patológicas ter sido próxima a finalização da obra (menos de seis meses após a primeira concretagem), não permitiu a identificação de manifestações de patologias que se

relacionassem à armação, no entanto, não deve ser excluída a possibilidade do surgimento de anomalias a médio e longo prazo.

5.3.3 Montagem de fôrma

O grupo de verificação “montagem de fôrma” avalia a posição dos vãos, dimensão dos vãos, aplicação de desmoldante, prumo, alinhamento, nivelamento, esquadro, travamento e escoramento do jogo de formas montado. É no item de travamento onde foi identificado o maior número de reprovações, com 68,75%.

Devido ao próprio sistema construtivo e uso das fôrmas metálicas feitas sob medida para o pavimento tipo da edificação, itens como dimensão dos vãos, prumo e nivelamento das fôrmas são menos passíveis de falhas, visto que o próprio jogo de fôrmas garante estes itens e os resultados de não conformidades corroboram isso, pois o percentual de reprovações foram mostraram-se baixos:

- Dimensão dos vãos: 0,57%;
- Prumo: 1,14%;
- Nivelamento: 1,70%.

Já os resultados de posição dos vãos mostram que o treinamento da equipe para a repetitividade de montagem das fôrmas nos pavimentos foi essencial para eliminar esta falha, já que sua ocorrência se deu primordialmente nos 5 primeiros blocos concretados, tendo sido praticamente eliminada nos blocos subsequentes. Ainda assim, de maneira global houve um percentual considerável de reprovações, com 17,05%. Esta falha, se não identificada, pode ocasionar a concretagem dos vãos do pavimento fora dos locais estabelecidos em projeto, o que comprometeria não somente a segurança estrutural, como o uso a que foi destinado o cômodo, ou até mesmo o apartamento. Não foi encontrado nenhum local na obra em que este erro não tivesse sido corrigido antes da concretagem.

A aplicação do desmoldante teve baixíssima reprovação, 1,70%, o que reflete não terem sido encontradas paredes com superfície muito danificada no momento da desforma. A Figura 60

demonstra que, pelo contrário, as paredes apresentaram boa aparência após a retirada das fôrmas, apesar do aparecimento de pequenas bolhas. Ainda assim a estucagem apenas foi necessária para fechamento dos pequenos vazios deixados entre os painéis de forma, pelo uso da gravata.

Figura 60 - Aparência das paredes após a desforma e estucagem

Os itens de alinhamento, esquadro, travamento e escoramento são aqueles que por dependerem do uso de peças específicas para realizar essa função, conforme já demonstrado nas Figuras 46, 48 e 49, acabam se tornando mais artesanais e por isso mais suscetíveis à ocorrência de erros, isso justifica seus altos percentuais de reprovação, especialmente nas cunhas e pinos de fixação que por serem peças pequenas acabaram por ter o maior índice de não conformidades.

A falta de alinhamento, esquadro e travamento da forma compromete a estanqueidade da mesma, bem como permite formação de saliências e paredes desniveladas que necessitarão ser corrigidas na fase de acabamento. A Figura 61 demonstra a formação de saliências de nata do cimento após a retirada das fôrmas.

Figura 61 - Formação de saliências nas paredes

O escoramento tem a função de amparar a estrutura enquanto o concreto não atinge a resistência e módulo de elasticidade mínimos para se auto sustentar, assim, a falta de um escoramento adequado pode gerar a formação de flechas nas lajes e fissuração da peça. Apesar das reprovações significativas (12,50%) não foi identificada nenhuma manifestação patológica que possa ser associada à falta de escoramento.

A maneira mais eficaz de mitigar as ocorrências de erros em alinhamento, esquadro, travamento e escoramento é com treinamento da equipe e vistoria criteriosa da utilização adequada das peças do jogo de fôrmas.

5.3.4 Concreto

Neste grupo são avaliados a espessura do concreto, a cura do concreto e conferência da resistência na nota fiscal, itens estes que tiveram diminutos índices de reprovação, com todos abaixo de 2,27%, sendo que não foram encontradas anomalias que se relacionem a estes itens.

Devido ao uso de espaçadores de parede e ao nivelamento das fôrmas das paredes, que sustentam os painéis da laje, dificilmente ocorrem desvios na espessura do concreto utilizada, quase sempre utilizando o volume calculado de concreto, caso ocorra algum desvio a problemática enfrentada seria o aumento do peso próprio da estrutura.

A conferência da resistência na nota fiscal resguarda, antes da emissão dos laudos do controle tecnológico, que o concreto utilizado é o especificado em projeto, na situação de o concreto não atender ao mínimo de projeto e ainda assim ser utilizado, podem ser associados problemas de fissuras, além de comprometimento da segurança estrutural do edifício que não resistirá às cargas para que foi calculado, necessitando de um novo estudo e eventual reforço da estrutura.

Foi identificado também que, devido à altíssima velocidade de produção no sistema construtivo de paredes de concreto, não foi realizado nenhum tipo de cura nas lajes. A falta deste procedimento poderia causar o aparecimento de fissuração por retração do concreto (perda de água para o meio). Além disso, traz maiores incertezas para os resultados de ensaios de resistência à compressão, já que os corpos de prova passam pela cura em laboratório.

5.3.5 Desfôrma

O item de desfôrma avalia se o concreto atingiu a resistência de 3,0 MPa com 12 horas, para que possa ser feita a desfôrma das paredes. Verificou-se que 100% dos corpos de prova atenderam a este critério, apesar de 6 caminhões-betoneiras não terem atingido os 20,0 MPa, mesmo com 63 dias. Nesses casos, todos os laudos foram liberados pelo engenheiro projetista.

5.3.6 Outras falhas identificadas

Apesar de não ser um item que é avaliado pela FVS, visualmente foi possível identificar a formações de juntas frias de concretagem nas peças desformadas. Devido ao uso do concreto audoadensável, que em função do aditivo superplastificante possui um início de pega muito

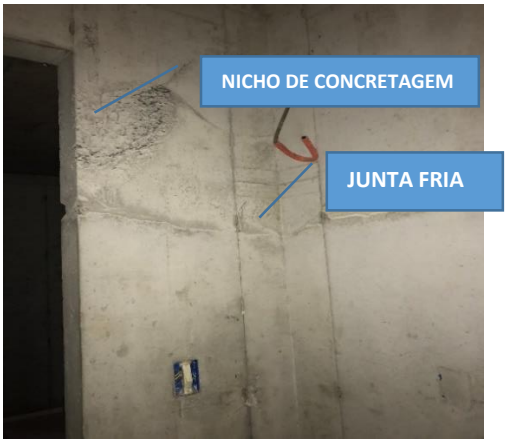
rápido, o tempo entre a saída de um caminhão-betoneira e início do lançamento do próximo não deve ultrapassar 30 minutos, o que nem sempre acontece, seja por atrasos da concreteira, seja por falta de logística na obra.

As juntas de concretagem não previstas afetam a aderência do concreto novo ao concreto antigo (que já iniciou a pega) e sempre que esta não for garantida, a NBR 6118:2014, preconiza no item 21.6 que devem ser colocadas armaduras de costura, capazes de resistir aos esforços de tração. A formação de juntas inclinadas dispensam o uso das armaduras de costura, mas por tratar-se de um concreto autoadensável, dificilmente a formação das juntas será com algum ângulo de inclinação, mas sim horizontal.

Apesar de as paredes de concreto não trabalharem à tração, elas são dimensionadas para flexo-compressão e por isso possuem armadura mínima de tração, a falta de aderência nesses locais pode comprometer a segurança estrutural da edificação.

Foram encontrados também nichos de concretagem, que podem ter sido causados pelo lançamento do concreto de alturas elevadas, alta relação água/cimento ou pelo percentual de aditivo ser elevado. Todos os casos de segregação identificados possuíam baixa magnitude, ou seja, as cavidades não ultrapassavam 3 centímetros de profundidade/largura, dessa maneira a estucagem com argamassa é capaz de resolver satisfatoriamente o problema, visto que as armaduras não estarão afetadas e o reparo é apenas estético. A Figura 62 demonstra a ocorrência de junta fria e nicho de concretagem na mesma peça de parede.

Figura 62 – Junta fria e nicho de concretagem



6 CONCLUSÕES

Através da análise do sistema construtivo em paredes de concreto moldadas no local, foi possível concluir que, apesar de a obra estudada ter obtido bons resultados finais na qualidade das paredes, alguns ajustes podem ser feitos no planejamento da execução da estrutura, no procedimento de execução e na conferência do serviço, a fim de corrigir as falhas identificadas e obter melhorias no processo.

Assim, no que diz respeito às instalações elétricas, nos locais de fixação das caixas de embutir, devido ao uso do concreto autoadensável, é imprescindível garantir a estanqueidade da fôrma nesta região, o que pode ser feito através da aplicação de espuma expansiva de poliuretano para preenchimento, evitando assim a fuga de nata de cimento.

Já em relação aos demais itens de instalações, armação e montagem de fôrmas é possível concluir que os problemas identificados podem ser solucionados com treinamento mais incisivo da mão-de-obra, dada a repetitividade da tarefa executada e o fato de que o tempo de treinamento de um montador capaz de fazer a atividade com bom tempo hábil e qualidade é de cerca de 3 meses.

No grupo “concreto” o que mais traz preocupação é a falta da cura da estrutura, que acaba colocando em dúvida dos resultados de resistência à compressão, pois os corpos de prova passam pela cura adequada no laboratório. É notório que, devido às fôrmas serem metálicas e ficarem por 12 horas, não será possível realizar a cura no concreto das paredes neste período, mas esta pode ser realizada sobre a laje, ficando a critério do executor a escolha da técnica a ser utilizada (úmida ou química). Mesmo com a alta velocidade de execução da estrutura em parede de concreto, é possível viabilizar uma logística de execução que permita a realização da cura por pelo menos 3 dias, conforme recomendam Britez, Pacheco, Carvalho, Morais e Helene (2015).

Ainda sobre a etapa de concretagem pode-se concluir que a existência de um plano de concretagem e melhor programação com a concreteira poderiam evitar a formação das juntas frias de concretagem, a partir do planejamento detalhado desta etapa.

A elevada altura de lançamento do concreto (2,60 metros) aliada a pequena espessura das paredes (10 centímetros) propiciam o aparecimento de segregação do concreto, conforme estudado na página 57 deste trabalho. O planejamento da execução pode incluir o emprego de bomba lança com válvula Rock, que irá reduzir a velocidade de lançamento do concreto e

garantir a homogeneidade do material. O manuseio do concreto sobre a laje também pode minimizar a velocidade de lançamento no interior das fôrmas de paredes, o que pode ser obtido através de treinamento da equipe.

Portanto, pode-se concluir que um planejamento detalhado da execução de todas as etapas das estruturas de parede de concreto seria capaz de evitar as possíveis falhas durante o processo, alinhando e adaptando as técnicas existentes nas normas vigentes e na literatura à prática, associado ao treinamento contínuo das equipes, poderia reduzir significativamente o aparecimento de falhas de concretagem e propiciar uma qualidade ainda melhor da estrutura, sem prejuízos à alta velocidade da produção e racionalização, características que fazem do sistema de parede de concreto uma alternativa tão competitiva em edificações residenciais de baixo e médio padrão.

Outros trabalhos podem ser propostos a partir desta pesquisa, tais como análise dos dados de solicitações da assistência técnica, avaliando o surgimento das manifestações patológicas a médio e longo prazo, conferência minuciosa das dimensões dos elementos das paredes de concreto, análise da logística do sistema de parede de concreto e análise da segurança para os trabalhadores do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESC: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM. **Dicas ABESC**: Recomendações da ABESC para tornar sua construção mais econômica e segura. São Paulo, 46 p.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13931**: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004, 53 p.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto armado – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480**: Barras e Fios de Aço para Armaduras para Concreto. Rio de Janeiro, 2007.

ALVES, M. R. **Quase 50% das casas do Minha Casa Minha Vida têm falhas de construção**. Disponível em http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,quase-50-das-casas-do-minha-casa-minha-minha-vida-tem-falhas-de-construcao,70001654211. Acesso em 05 de abril de 2017.

ASOCRETO: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE CONCRETO. **Manual de control de calidad del concreto em la obra**. Bogotá, 2004, 47 p.

ASSAHI, P.N. **Sistema de execução da fôrma**. São Paulo, Curso de pós-graduação lato sensu Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios, Programa de Educação Continuada em Engenharia, Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2000. Anotação de aula.

AZEREDO, H. A. **O edifício até sua cobertura**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1997. 178 p.

BRITEZ, C.; PACHECO, J.; CARVALHO, M.; MORAIS, R.; HELENE, P. Boas práticas envolvendo sistemas construtivos em paredes de concreto – Caso Jardim Novo Horizonte (Jundiaí-SP). *In*: Congresso Brasileiro do CONCRETO, Bonito, Mato Grosso do Sul, 2015. **Anais do 57º Congresso Brasileiro do Concreto**. Bonito, MS: 2015.

CESAN: COMPANHIA ESPÍRITO SANTAENSE DE SANEAMENTO. **Procedimento Operacional**: Concretagem. Espírito Santo, 2011, 18 p.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Estrutura de concreto**: Armação – práticas. Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/3/armacao-praticas/execucao/56/armacao-praticas.html. Acesso em 24 de outubro de 2016.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto**: Armação. Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/armacao/execucao/32/armacao.html. Acesso em 24 de outubro de 2016.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto**: Concreto. Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/concreto/execucao/33/concreto.html. Acesso em 24 de outubro de 2016.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto**: Controle. Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/controle/qualidade/27/controle.html. Acesso em 24 de outubro de 2016.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto**: Fôrmas. Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/formas/execucao/31/formas.html. Acesso em 24 de outubro de 2016.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto**: Instalações. Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/instalacoes/execucao/34/instalacoes.html. Acesso em 24 de outubro de 2016.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de concreto**: materiais. Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/materiais/qualidade/26/materiais.html. Acesso em 15 de novembro de 2016.

CONCREFATO. **Lajes treliçadas e convencionais com EPS (isopor) ou lajotas cerâmicas.** Disponível em: http://www.concrefato.com.br/lajes.htm. Acesso em 24 de outubro de 2016.

COUTO, J. P.; COUTO, A. M. **Importância da revisão dos projectos na redução dos custos de manutenção das construções**. In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO 2007, 3, 2007, Coimbra, Portugal. Universidade de Coimbra, 2007.

ELMOR, S. **Junta fria**. Disponível em http://www.cimentoitambe.com.br/junta-fria/. Acesso em 15 de junho de 2017.

ELMOR, S. Retração – Redução e Efeito de Compensação. Disponível em http://www.cimentoitambe.com.br/retracao-reducao-de-efeito-e-compensacao/. Acesso em 15 de junho de 2017.

FABRÍCIO, M. M. Boa Gestão Requer Controle de Custos, Cronograma e Qualidade. Disponível em https://www.aecweb.com.br/cont/m/cm/boa-gestao-requer-controle-de-custos-cronograma-e-qualidade_10684. Acesso em 24 de outubro de 2016.

FARIA, R. Concretagem. **Téchne**, São Paulo, edição 229, p. 58-59, 2016.

FORTES, L. R. **Corrosão na armadura do concreto armado e sua avaliação pela técnica de potencial de eletrodo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Ceará, 1995.

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

HELENE, P. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto**.1 ed. São Paulo: Multiprinter Edit e Tecnol. Educacional Ltda, 2005. 718 p.

HELENE, P. R. L. Corrosão de armaduras para concreto armado. In: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo. **Tecnologia das Edificações**. São Paulo: PINI, 1988.

IMCYC: INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. **ACI-305R-10**: Guía para la colocación de concreto en clima caliente e **ACI-305R-10**: Guía para la colocación de concreto en clima frío. México, 2011, 90 p.

IMCYC: INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. **ACI-308**: Práctica estándar para el curado del concreto. México, 20 p.

LA ASOCIACION NACIONAL ESPANÕLA DE FABRICANTES DE HÓRMIGON PREPARADO (ANEFHOP) y LA AGRUPACION DE FABRICANTES DE CEMENTO DE ESPAÑA (OFICEMEN). **Manual de consejos prácticos sobre hórmigon**. Madrid, 1992, 86 p.

LAPA, J. S. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REPARO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**. 2008. 56 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MAPA DA OBRA. **Tipos de fôrmas**. Disponível em: http://www.mapadaobra.com.br/novidades/tipos-de-formas/. Acesso em 24 de outubro de 2016.

MAYOR, A. V. El concreto em la reducción del déficit habitacional de Brasil. **Noticreto**, Bogotá, edição 132, p. 46-48, 2015.

MISSURELLI, H; MASSUDA, C. Paredes de concreto. **Téchne**. São Paulo, edição 147, **p**. ,2009.

PIANCASTELLI, E. M. **Patologias do concreto.** Disponível em https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto_6160_10_0. Acesso em 15 de junho de 2017.

RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

ROCHA LIMA JR., J. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios**. Boletim Técnico da Escola

Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construçao Civil, São Paulo, n. 173, 1996. 37p.

SITTER, W.R. Costs for service life optimization: The “Law of fives”. In: INTERNATIONAL CEB-RILEM WORKSHOP ON DURABILITY OF CONCRETE STRUCTURE. **Proceedings...** Copenhagem: CEB-RILEM, 1984. p. 18-20.

TUTIKIAN, B. F.; MOLIN, D. C. D. **Concreto Autoadensável**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2015. 144 p.

ZORZI, A. C. **Forma com molde em madeira para estruturas de concreto armado**: recomendações para melhoria da qualidade e produtividade com redução de custos. 2002. 213p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. São Paulo, 2002.