

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**APRESENTAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS
METÁLICAS EM EMPREENDIMENTOS
HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL**

Autor: Bernardo Carvalho Barroso

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Meireles de Oliveira

**Belo Horizonte,
2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

Bernardo Carvalho Barroso

**APRESENTAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS
METÁLICAS EM EMPREENDIMENTOS
HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído - área: Sustentabilidade e Gestão do Ambiente Construído da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Profa. Dra. Danielle Meireles de Oliveira

**Belo Horizonte,
2018**

AGRADECIMENTOS

À Arcelor Mittal pela oportunidade e incentivo à busca do conhecimento e capacitação dos profissionais. À UFMG, seu corpo docente, direção e administração pelo comprometimento com nossos objetivos. Aos colegas que durante todo o curso sempre estiveram presentes, incentivando, apoiando e trabalhando juntos. À minha orientadora Profa. Dra. Danielle Meireles de Oliveira, pelo suporte, correções e incentivos. E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

RESUMO

A necessidade de se construir em larga escala levou as construtoras a buscarem por sistemas construtivos mais racionalizados e que pudessem atender à demanda existente. Neste cenário o sistema construtivo de parede de concreto moldadas *in loco* tornou-se um dos mais populares no país. Neste, emprega-se, basicamente, um jogo de fôrmas, tela de aço e o concreto que irá constituir a parede. As fôrmas utilizadas, que são metálicas, devem possuir características que as permitam resistir aos esforços aos quais serão submetidas. Este trabalho objetiva apresentar as características que as fôrmas metálicas devem apresentar para serem utilizadas em obras de parede de concreto moldada *in loco* e o modo que a mesma é utilizada no canteiro de obras. Para isso, realizou-se uma revisão bibliográfica na qual são apontadas características do sistema construtivo e das fôrmas utilizada e um estudo de caso que trata da utilização de fôrmas metálicas em obras de interesse social executadas por uma construtora de Minas Gerais. Neste estudo de caso, são apresentadas as características para execução das fôrmas e estimativas de produtividade para esta mesma atividade.

Palavras-chave: Fôrmas metálicas, parede de concreto, sistema de fôrmas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Parede de concreto moldada in loco em execução.....	11
Figura 2 - Concretagem	14
Figura 3 - Execução da armação	15
Figura 4 - Esquema de jogo de fôrmas	18
Figura 5 - Perspectiva e projeção de uma implantação isolada	22
Figura 6 - Perspectiva e projeção de uma implantação geminada colada	23
Figura 7 - Perspectiva e Croqui de uma Implantação Geminada em "Zig-Zag"	23
Figura 8 - Visão Geral do Jogo de Fôrmas de Alumínio para 2 Apartamentos	24
Figura 9 - Visão Geral do Jogo de Fôrmas de Alumínio para 4 Apartamentos	24
Figura 10 - Descrição Técnica dos Acessórios	25
Figura 11 - Tensor de Vãos, Alinhador, Faquetas e Porta Alinhadores	25
Figura 12 - Acessórios de Segurança da Plataforma de Trabalho	26
Figura 13 - Concretagem "Jogo"	27
Figura 14 - Concretagem "Jogão"	27
Figura 15 - Detalhamento Junta de Dilatação	28
Figura 16 - Sequência Executiva de Concretagem e Retirada do Escoramento	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pesos específicos de materiais comumente utilizados em fôrmas .	18
Tabela 2 - Equipe e Produtividade do “Jogo”	30
Tabela 3 - Equipe e Produtividade do “Jogão”	30
Tabela 4 - Equipe e Produtividade da Platibanda	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 Contextualização	8
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivo Geral	9
1.2.2 Objetivos Específicos.....	9
2. O SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO E A UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS METÁLICAS	10
2.1 Características do sistema construtivo	11
2.2 Exigências normativas.....	12
2.3 Principais materiais utilizados	13
2.3.1 <i>Concreto</i>	13
2.3.2 <i>Aço</i>	14
2.4 Requisitos do sistema de fôrmas para execução das paredes de concreto... 15	
2.4.1 <i>Requisitos básicos</i>	16
2.4.2 <i>Projeto do sistema de fôrmas</i>	16
2.4.2.1 <i>Ações permanentes nas fôrmas</i>	18
2.4.2.2 <i>Ações variáveis nas fôrmas</i>	19
2.4.3 <i>Comportamento do concreto fresco nas fôrmas</i>	19
3. ESTUDO DE CASO – CASO PRÁTICO DA UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS EM OBRAS DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO	21
3.1 Metodologia	21
3.2 Execução do sistema de fôrmas	21
3.3 Utilização de agentes desmoldantes.....	29
3.4 Dimensionamento de equipes de trabalho.....	29
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O aumento da demanda por construções residenciais para fins sociais aliado à facilidade de crédito e a incentivos do governo, na última década, possibilitaram a consolidação de novas técnicas construtivas no Brasil (ABCP, 2008). Devido à necessidade de se construir em larga escala e pelo fato dos empreendimentos com interesse social serem caracterizados pela sua alta repetitividade, as construtoras passaram a buscar por sistemas construtivos mais racionalizados e que pudessem atender à demanda existente. Neste cenário o sistema construtivo de parede de concreto moldadas *in loco* tornou-se um dos mais populares no país (ABCP, 2013).

Os painéis monolíticos de concreto armado moldados *in loco* são utilizados no Brasil desde a década de 80, podendo ser empregados em edificações térreas e de múltiplos pavimentos (IPT, 1998).

Este sistema construtivo tem se desenvolvido e vem sendo cada vez mais utilizado em obras de padrões variados e, em edifícios mais altos, que chegam, em alguns casos, a 30 andares (MISURELLI; MASSUDA, 2008). Uma das premissas para o bom desempenho do sistema parede de concreto é a compatibilidade entre a estrutura moldada *in loco* (a parede de concreto propriamente dita) e os subsistemas que integram a tecnologia.

A aplicação dessa técnica construtiva gera um custo inicial elevado, porém o investimento é compensado quando as vantagens são analisadas. Por exemplo, através da coordenação modular o sistema de fôrmas é racionalizado, podendo ser aplicado nos mais diversos projetos e permitindo a padronização e a produção em grande escala. A consequência é o aumento de produtividade com a eliminação das improvisações no canteiro que ocasionam erros, desperdícios e retrabalhos. Assim, o alto investimento em fôrmas, sendo tanto por aquisição, como por locação, será compensado à medida que as mesmas forem sendo reutilizadas em novos empreendimentos (PONZONI, 2013).

No Brasil, em termos gerais, é possível identificar dois tipos de obras que utilizam paredes de concreto moldadas *in loco*. O primeiro se baseia na moldagem de paredes com fôrmas pequenas, manuseáveis, para casas térreas.

Mais recentemente, também se tornou comum a construção de paredes de concreto com painéis de fôrmas maiores, para atender a projetos de edifícios habitacionais para classe de renda média. Esses projetos, em função do tamanho dos moldes, são naturalmente mais dependentes de equipamentos para movimentação dos painéis (NAKAMURA; FREITAS; SOUZA, 2018).

Para edifícios que contemplam múltiplos pavimentos, uma solução recorrente são as fôrmas trepantes. Por serem compostos por painéis de grandes dimensões, esses moldes exigem menos etapas de montagem, agregando ainda mais produtividade. Por outro lado, demandam o uso de guias no canteiro para sua movimentação. A utilização de fôrmas trepantes confere ainda mais agilidade à obra, pois a presença de andaimes de trabalho no conjunto da própria fôrma possibilita que parte dos serviços de acabamento seja realizada imediatamente após a execução de determinado pavimento (NAKAMURA, FREITAS, SOUZA; 2018).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar as características, as aplicações e as especificidades desse sistema construtivo. Descrever, por meio de um estudo de caso, os detalhes da utilização das fôrmas nas etapas de um processo executivo das paredes de concreto armado, moldadas in loco.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Abordar os procedimentos necessários para utilização das fôrmas modulares;
- Descrever as etapas da execução das paredes maciças para as construções habitacionais populares;
- Destacar os principais aspectos que a norma **ABNT NBR 16.055:2012** definiu para o emprego do sistema construtivo de paredes de concreto;
- Despertar o interesse dos leitores ao sistema construtivo;

2. O SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO E A UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS METÁLICAS

A falta de moradias de qualidade para os segmentos de baixa renda é vista atualmente como resultante de uma multiplicidade de fatores que interagindo entre si provocam as carências habitacionais visíveis em qualquer região do Brasil. Isto sugere que a política habitacional não pode ser tratada de forma isolada de outras políticas sociais. Pelo contrário, se a falta de moradia adequada é um dos elementos da pobreza, definido como pobreza-moradia ou pobreza-habitação, a política habitacional tem uma relação recíproca com as demais políticas sociais no objetivo mais amplo que é a redução da pobreza no longo prazo (IPEA, 2007).

Além de constituir-se em uma estratégia de combate à pobreza, a política habitacional de cunho social é justificada por outros fatores. Primeiro, a moradia é tanto um bem transacionável no mercado como uma necessidade, e os gastos da família com prestações ou aluguéis determinam o consumo de outros bens necessários à sua sobrevivência. Segundo, a moradia não é somente a estrutura física do imóvel, ela representa também a escolha da família pela comunidade onde está inserida, pela proximidade do trabalho, de escolas, mercados e demais estruturas públicas e privadas. Terceiro, é o caráter social da habitação que justifica que, apesar de ser um bem privado, ele seja financiado para determinado segmento da população com tributos pagos por toda a população do país. Esta possibilidade reflete o entendimento daqueles que pagam os tributos de que é socialmente desejável que a população mais pobre tenha acesso à casa própria, objetivo explícito da política nacional de habitação (IPEA, 2007).

Os principais programas habitacionais representam iniciativas do governo federal e foram criados na segunda metade da década de 1990, seguindo a linha de reestruturação do sistema de crédito em geral e do crédito habitacional em particular (IPEA, 2007). Segundo o último levantamento realizado pelo IBGE, o Brasil tinha um déficit habitacional de 7,757 milhões de moradias em 2015, com perspectiva de crescimento nos anos seguintes (Fundação João Pinheiro, 2015).

Devido à necessidade de se construir em larga escala e pelo fato dos empreendimentos com interesse social serem caracterizados pela sua alta

repetitividade, as construtoras passaram a buscar por sistemas construtivos mais racionalizados e que pudessem atender à demanda existente. Neste cenário o sistema construtivo de parede de concreto moldadas in loco tornou-se um dos mais populares no país (ABCP, 2013).

2.1 Características do sistema construtivo

O sistema consiste na moldagem de paredes e lajes maciças de concreto armado com telas metálicas centralizadas. A estrutura é dimensionada para cada projeto específico de arquitetura do edifício. O processo de produção do sistema construtivo permite o controle geométrico das peças e a obtenção de superfícies aptas a receberem o acabamento (SILVA, 2011). Na Figura 1 é possível verificar um edifício sendo construído neste sistema construtivo.

Figura 1 - Parede de concreto moldada in loco em execução



Fonte: Forsa (2018), pág 31.

Neste sistema construtivo, todas as paredes de cada ciclo construtivo de uma edificação são moldadas em uma única etapa de concretagem, permitindo que, após a desforma, as paredes já contenham, em seu interior, vãos para portas e janelas, tubulações ou eletrodutos de pequeno porte, elementos de fixação para coberturas e outros elementos específicos quando for o caso (NBR16.055:2012).

A execução dos projetos é facilitada pelo fato de não ser necessária a utilização de mão-de-obra especializada. Os operários, após treinamento específico, passam a atuar como montadores, executando todas as tarefas como

armação, instalações, montagem, concretagem e desforma (MISURELLI; MASSUDA, 2017).

O sistema, basicamente, emprega um jogo de fôrmas, tela de aço e o concreto que irá constituir a parede. É indicado para construção em grande escala e é usado, sobretudo, em obras residenciais - embora não limitado a elas. Um dos pontos cruciais do sistema é o custo da fôrma. Geralmente é de alumínio, um material nobre. Mas é uma fôrma que pode ser utilizada muitas vezes, de 500 até duas mil vezes. Então, esse valor é absorvido e o valor por metro quadrado pode cair bastante (CORSINI, 2011).

O alto investimento inicial para a aquisição das fôrmas faz com que a parede de concreto se torne viável em função da escala dos empreendimentos, velocidade compatível, padronização de projetos e planejamento sistêmico (ABCP, 2007). Segundo Manzine (2011), a parede de concreto permite que se diminua em até 50% o tempo que seria gasto nos sistemas convencionais em virtude do dinamismo deste sistema construtivo.

As obras executadas em paredes de concreto contribuem favoravelmente com o meio ambiente, pois reduzem a geração de resíduos em relação aos demais métodos construtivos. Essa redução acontece, especialmente, devido à reutilização das fôrmas no decorrer da obra e da inexistência de algumas etapas, especialmente de acabamento. Dessa forma, o canteiro de obras produz menos resíduos, sendo que esta redução pode ser até seis vezes menor quando comparada aos sistemas convencionais (MORAES, 2013).

2.2 Exigências normativas

A NBR 16.055:2012 normatiza o dimensionamento e a execução do sistema. Segundo esta norma, define-se como parede de concreto o elemento estrutural, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes a espessura e capaz de suportar carga no mesmo plano da parede.

Uma estrutura em parede de concreto deve ser projetada e construída monoliticamente e com armadura de ligação, observada a armadura mínima de aço CA 60 que deve corresponder a 0,09% da seção de concreto para as armaduras verticais e 0,15% para as armaduras horizontais. A especificação do concreto deve levar em consideração as especificidades de cada projeto bem como as características relativas à execução (NBR 16.055:2012).

A NBR 16.055:2012 contempla apenas edifícios baixos de até cinco pavimentos. De acordo com Faria (2009), a escolha dessa configuração justifica-se devido ao fato de que as construtoras passaram a ver, nessa tipologia um produto promissor para um mercado em expansão - o de habitação popular. No entanto, apesar dessa norma ser específica para cinco pavimentos, há edificações com mais andares utilizando este sistema, em obras no exterior e, mais recentemente, no Brasil.

As instalações que necessitem da utilização de tubos de grande diâmetro não devem ser embutidas nas paredes, mas sim alojadas em *shafts*, previamente deixados nas paredes, como aberturas. A decisão de embutimento ou não das instalações deve ser tomada pelo projetista estrutural, de forma a não comprometer o sistema construtivo (PONZONI, 2013).

Todos os subsistemas envolvidos neste sistema estrutural devem levar em consideração as exigências de manutenibilidade ao longo da vida útil da edificação (NBR 16.055:2012).

2.3 Principais materiais utilizados

As normatizações brasileira e internacional estabelecem requisitos que devem ser cumpridos por cada um dos materiais utilizados para execução da parede de concreto. Entretanto, neste trabalho, serão tratados apenas dos materiais mais relevantes para execução da estrutura da edificação, a saber: concreto, aço e fôrmas.

2.3.1 Concreto

A NBR 16.055:2012 estabelece alguns critérios para a especificação do concreto para paredes de concreto moldadas no local, podendo-se citar:

- resistência à compressão para desforma, compatível com o ciclo de concretagem;
- resistência à compressão característica aos 28 dias (f_{ck});
- classe de agressividade do local de implantação da estrutura, conforme a NBR 12655:2015;
- trabalhabilidade medida pelo abatimento do tronco de cone (NBR NM 67:1998) ou pelo espalhamento do concreto (NBR 15823-2:2017).

Apesar de a NBR 16.055:2012 não apontar o tipo de concreto que deve ser utilizado, alguns autores como MISURELLI e MASSUDA (2009) indicam os seguintes:

- concreto celular;
- concreto com elevado teor de ar incorporado - até 9%;
- concreto com agregados leves ou com baixa massa específica;
- concreto convencional ou concreto auto adensável.

As produções mais eficientes ocorrem a partir de concretos dosados em centrais e fornecidos ao canteiro em caminhões-betoneira, o que resulta em melhores controles da qualidade do produto (MISURELLI e MASSUDA, 2009). O concreto deve possuir consistência e abatimento (*slump*) ou espalhamento (*flow*) em concordância com o especificado no projeto estrutural. No caso de concreto autoadensável, que tem sido um dos mais utilizados neste tipo de obra, o bombeamento e lançamento devem ocorrer no máximo 40 minutos após a colocação do aditivo hiperfluidificante, o que geralmente é feito na obra. Já o concreto celular, também bastante utilizado, deve ser lançado na fôrma em até 30 minutos após a conclusão do processo de mistura da espuma (MISURELLI e MASSUDA, 2009). O lançamento do concreto é ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Concretagem



Fonte: Amorim (2014), pág. 8.

2.3.2 Aço

A armação adotada neste tipo de obra é a tela soldada posicionada no eixo vertical da parede. São realizados reforços com telas ou barras de armadura convencional em bordas, vãos de portas e janelas. Em edifícios mais altos, as

paredes devem receber duas camadas de telas soldadas, posicionadas verticalmente, e reforços verticais nas extremidades das paredes (MISURELLI e MASSUDA, 2009). A execução da armação é ilustrada na Figura 3.

Figura 3 - Execução da armação



Fonte: Misurelli, Massuda (2017), pág. 17.

As armaduras são dimensionadas para atender a três requisitos fundamentais, a saber: resistir a esforços de flexotorção nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações de instalações elétrica, hidráulica e gás. Frequentemente, utilizam-se telas soldadas posicionadas no eixo das paredes ou nas duas faces, dependendo do dimensionamento projetado. Conforme já informado, os reforços são realizados em pontos específicos tais como cinta superior nas paredes, vergas, contravergas etc, com a utilização de barras de armadura convencional (MISURELLI e MASSUDA, 2009).

A NBR 16055/2012 não estabelece critérios específicos para o aço utilizado. Esta norma indica que se consulte as normas específicas para cada material, a saber:

- tela soldada: NBR 7481:1990;
- barras: NBR 7480:2007;
- treliças: NBR 14859-3:2017.

2.4 Requisitos do sistema de fôrmas para execução das paredes de concreto

O sistema de fôrmas deve considerar as peculiaridades deste sistema construtivo desde a fase de projeto até a execução da estrutura. Para isso, é

necessário seguir os requisitos estabelecidos pela normatização existente e, também, entender as tensões às quais as fôrmas estarão sujeitas.

2.4.1 Requisitos básicos

De acordo com a NBR 16.055:2012 o sistema de fôrmas é composto de 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.

Esta mesma norma ainda estabelece que o sistema de fôrmas deve ser projetado e construído de modo a ter resistência a ações a que possa ser submetido durante o processo de construção. Deve-se considerar as ações ambientais; a carga da estrutura auxiliar; a carga das partes da estrutura permanente a serem suportadas pela estrutura auxiliar até que o concreto atinja a resistência esperada.

Ainda é esperado, segundo esta norma, que o sistema de fôrmas resista aos efeitos dinâmicos acidentais produzidos pelo lançamento e adensamento do concreto, em especial o efeito do adensamento sobre o empuxo do concreto nas fôrmas das paredes. A estanqueidade e conformidade com a geometria das peças que estão sendo moldadas também devem ser garantidas.

Segundo ABCP (2007), as formas utilizadas no sistema construtivo são estruturas provisórias e tem a função de moldar o concreto fresco. Estas placas devem resistir a todas as pressões durante o lançamento do concreto, até que este adquira resistência mínima para a execução do serviço de desforma. Se a forma não possuir capacidade de suportar as tensões produzidas durante a concretagem, o formato, função, aparência e durabilidade de uma estrutura de parede de concreto podem ser prejudicados. Estes problemas podem ocorrer com as próprias fôrmas, com o escoramento ou com os aprumadores.

2.4.2 Projeto do sistema de fôrmas

Muitas tecnologias têm chegado ao Brasil e estão incrementando a produtividade na execução das obras através de modernos sistemas de fôrmas. Todas estas fôrmas têm suas vantagens e desvantagens em relação às demais.

A definição do melhor tipo a ser utilizado deve atender às necessidades de cada obra (MARANHÃO, 2000).

Em decorrência da grande disseminação da construção de estruturas de concreto, surgiu a necessidade de se otimizar a utilização das fôrmas, visando diminuir custos e melhorar a qualidade final das estruturas. Assim, é fundamental que exista a busca do equilíbrio entre custo, qualidade e prazo, variáveis importantes num processo que envolve preço e qualidade do produto final aos consumidores. A opção por sistemas de fôrmas racionalizados envolve variáveis complexas, podendo ser adotados os mais diversos sistemas de fôrmas disponíveis no mercado (MARANHÃO, 2000).

De acordo com Misurelli e Massuda (2009), os tipos de fôrmas mais utilizados para paredes de concreto são:

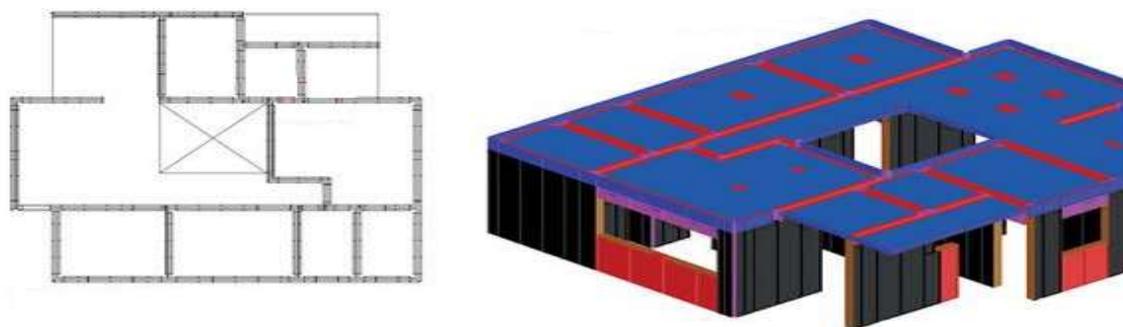
- metálicas (quadros e chapas metálicas);
- metálicas + compensado (quadros em peça metálica e chapas de madeira);
- plásticas (quadros e chapas feitos em plástico reciclável);
- trepantes (ideal para múltiplos pavimentos).

A escolha da tipologia adequada, bem como o desenvolvimento e o detalhamento do projeto de fôrmas são de extrema importância para a viabilidade do sistema de paredes de concreto e para garantia da qualidade do produto final.

Independentemente do tipo de fôrma escolhido, é obrigatória a realização do projeto de fôrmas em conformidade com o projeto estrutural. Na Figura 4 pode-se observar um esquema de projeto 2D e 3D. O projeto de fôrmas deve contemplar:

- detalhamento geométrico e posicionamento dos painéis, dos equipamentos auxiliares e do travamento e aprumo;
- detalhamento do escoramento, inclusive escoramento residual permanente, informando o tempo de retirada do escoramento residual;
- carga acumulado nas escoras do escoramento residual;
- sequência executiva de montagem e desmontagem;
- coordenação modular dos projetos.

Figura 4 - Esquema de jogo de fôrmas



Fonte: Ferreira (2012), pág. 24.

2.4.2.1 Ações permanentes nas fôrmas

Ações permanentes são as que ocorrem com valores constantes ou de pequena variabilidade em torno de sua média ao longo do funcionamento ou da vida útil da estrutura. Estas englobam o peso próprio das fôrmas e o peso do concreto fresco mais o da armadura. Geralmente o peso próprio das fôrmas mostra-se pequeno quando comparado ao carregamento total vertical, sendo na maioria das vezes negligenciado pelos projetistas (MARANHÃO, 2000). Na Tabela 1 apresenta-se os pesos específicos de materiais comumente utilizados para fôrmas.

Tabela 1 - Pesos específicos de materiais comumente utilizados em fôrmas

Material	Peso Específico (kN/m ³)	Peso por cm de espessura (kN/m ²)
Chapas de madeira compensada	5,0 - 7,0	0,05 – 0,07
Madeira	5,0 – 12,2	0,05 – 0,122
Aço	78,5	0,785
Alumínio	27,7	0,277

Fonte: Maranhão (2000).

Quanto à carga imposta pelo concreto fresco com a armadura, pode-se considerar um peso específico de 25 kN/m³ (estimado com taxa de armadura igual a 2%, em volume), sendo o peso por centímetro de espessura igual a 0,25 kN/m². Se forem utilizados concretos que se afastam muito deste valor, torna-se

necessária uma reavaliação do peso específico. É o caso, por exemplo, dos concretos com agregados leves ou particularmente densos (MARANHÃO, 2000).

2.4.2.2 Ações variáveis nas fôrmas

As ações variáveis são as que ocorrem com valores que apresentam variações significativas em torno de sua média ao longo do funcionamento ou da vida útil da estrutura. Podem ser consideradas no projeto de fôrmas ações variáveis como o peso dos trabalhadores que trafegam sobre o assoalho; equipamentos para auxiliar na concretagem; materiais e o impacto produzido pelo lançamento e adensamento do concreto (MARANHÃO, 2000).

A literatura aponta diversos valores para as ações variáveis para as quais as fôrmas devem resistir. De acordo com a norma ACI 347R do American Concrete Institute, as fôrmas devem ser projetadas para um valor mínimo de ações variáveis igual a 2,44 kN/m², podendo chegar a 3,66 kN/m² quando se realiza lançamento bombeando-se o concreto. Já segundo o Comitê Euro-International du Beton o valor pode variar entre 1,50 kN/m² e 3,50 kN/m².

Uma observação importante é a de que os coeficientes de segurança podem conferir uma margem de erros razoável para estes valores. No Brasil, a experiência que se tem tido em relação às fôrmas é a de que como ação variável, para casos comuns e usuais, pode ser recomendado o valor de 1,00 kN/m². Este valor adotado não deve ser generalizado, devendo-se analisar os casos particulares (MARANHÃO, 2000).

2.4.3 Comportamento do concreto fresco nas fôrmas

A pressão lateral devido ao concreto é a solicitação aplicada sobre as superfícies laterais de uma forma. Mascarenhas (1985) relatou que quando se lança o concreto numa forma, ele é contido pelas suas laterais, que impedem o seu abatimento sobre o plano inferior (fundo). Para reter a mistura, a forma necessita responder a pressão causada pela massa, que tende a posição de equilíbrio. Porém, ao se realizar o adensamento, esse repouso é perturbado por uma fluidificação da mistura, que passará a se comportar de modo semelhante a um líquido. Sabe-se que este, quando mantido num reservatório, exerce

pressão sobre as paredes laterais, cujo valor dependerá de sua massa volumétrica e da altura que atinge em relação ao fundo do recipiente.

Segundo Omran e Khayal (2014), a pressão lateral na fôrma exercida pelo concreto é afetada por diversos fatores: pela composição da mistura, pelas condições de aplicação e pelas características da fôrma. A composição da mistura inclui tipo de ligante e teor, materiais cimentícios suplementares, adições, fator a/c, o teor e as características do agregado graúdo, o volume de pasta, de aditivos químicos, peso específico de concreto, consistência do concreto e temperatura. A tixotropia do concreto aqui expressa em termos de carga estrutural em repouso é utilizada para refletir o efeito total dos fatores de dosagem da mistura sobre a pressão na fôrma.

Quando o concreto é lançado nas fôrmas provoca um choque nas mesmas; em seguida realiza-se um adensamento, manual ou mecânico, sucedendo-se a este, uma fase de pega do cimento até o endurecimento (CORSINI, 2011).

Segundo Gardner (1985) quando o concreto é vibrado, ele age como uma mistura homogênea com as propriedades de um fluido e densidade do concreto. Durante o processo de hidratação as partículas de areia e do cimento formam, juntas, uma estrutura frágil de partículas; a fase fluida do cimento gel torna-se menos densa e conseqüentemente a pressão do fluido medida no poro é menor. Se por algum motivo agora a massa semiendurecida do concreto sofre dilatação, a pressão fluida pode se tornar tensão de tração.

Em planos onde a seção transversal é pequena, o vibrador pode aplicar nas fôrmas uma energia relativamente alta. A profundidade do efeito do vibrador aumenta com a vibração conjunta da fôrma, trazendo como consequência um aumento na pressão do concreto (MARANHÃO, 2000).

Lombay et al. (2014) concluíram em seus experimentos que há a redução da pressão da fôrma quando ocorre a hidratação dos materiais cimentícios. A sequência através da qual a pressão lateral diminui para zero coincide com a taxa de aumento de tixotropia, isto é, quanto maior a taxa de tixotropia, mais cedo ocorre a diminuição das pressões para zero. Não foi encontrada uma correlação entre a definição de tempo de redução de pressão da fôrma e o desenvolvimento de resistência à compressão nas primeiras idades.

3. ESTUDO DE CASO – CASO PRÁTICO DA UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS EM OBRAS DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO*

Neste capítulo será apresentado um estudo de caso da utilização de fôrmas de alumínio por uma construtora mineira que foi objeto de estudo deste trabalho. Apresentar-se-á o método de execução do sistema de fôrmas, bem como uma estimativa de equipe de trabalho para cumprimento da produtividade desejada (1 pavimento por dia).

A realização deste estudo de caso foi feita mediante visitas a obras de uma construtora de grande porte sediada em Belo Horizonte, Minas Gerais. Também foram obtidas informações oriundas de registros, indicadores de produtividade e controles de obras já concluídas desta mesma empresa.

3.1 Metodologia

Visita ao canteiro de obras e entrevistas informais com o gerente, engenheiro, coordenador e estagiários.

3.2 Execução do sistema de fôrmas

A montagem das fôrmas para execução de paredes de concreto depende principalmente do projeto. Para facilitar a leitura, ele tem que mostrar a localização de fôrmas de paredes e de lajes em plantas separadas e acompanhadas de cortes e elevações para garantir o encaixe correto (FERREIRA, 2012).

As fôrmas só são montadas depois que tiverem sido concluídas as fundações, a montagem das armaduras e das instalações elétricas e hidráulicas. É recomendável montar primeiro os painéis pelos cantos, formando um "L", e, em seguida, os demais elementos, sempre respeitando as instruções do fabricante (FERREIRA, 2012).

O sistema de fôrmas é composto por painéis e acessórios de junção dos mesmos cujo objetivo é a realização de uma estrutura metálica que servirá de molde para uma estrutura monolítica de concreto. Os painéis são compostos por placas metálicas e tem variados tamanhos sendo os mais comuns os painéis de

60x240cm para paredes. Estes painéis são conectados por acessórios como pinos, cunhas, gravatas e clips que suportarão o empuxo provocado pelo concreto durante o processo de concretagem.

As fôrmas podem ser montadas em três formatos de acordo com a forma de implantação das edificações: isolada, geminada colada ou geminada “zig-zag”, a serem tratadas a seguir. A implantação pode ser dar de modo isolado ou geminado.

A implantação isolada é aquela onde se tem prédios separados constituídos por 4 unidades por pavimento. Neste tipo de implantação há a necessidade de utilização de painéis de junta de concretagem vertical e horizontal. O formato de um prédio típico construído por este tipo de implantação pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Perspectiva e projeção de uma implantação isolada



Fonte: Autor

A implantação geminada é aquela na qual se tem prédios ligados uns aos outros. São edifícios simétricos, com o mesmo arranjo interno espelhado, constituídos por 4 unidades por pavimento. Neste tipo de implantação, deve estar incluso no jogo de fôrmas um painel de geminação, responsável por fazer a ligação entre os blocos. Para utilização deste painel o espaçador (faqueta) deve possuir comprimento maior que o convencional, pois ele deverá abranger duas paredes de 10 cm e o isolamento acústico de isopor existente entre os prédios. O formato de um prédio típico construído por este tipo de implantação pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 - Perspectiva e projeção de uma implantação geminada colada



Fonte: Autor

A ligação entre dois blocos também pode ser feita utilizando-se um esquema de “zig-zag”. A segunda edificação é deslocada em relação à primeira de modo que a ligação dos blocos se dê pela parede de apenas um apartamento. Na Figura 7 está ilustrada este tipo de implantação.

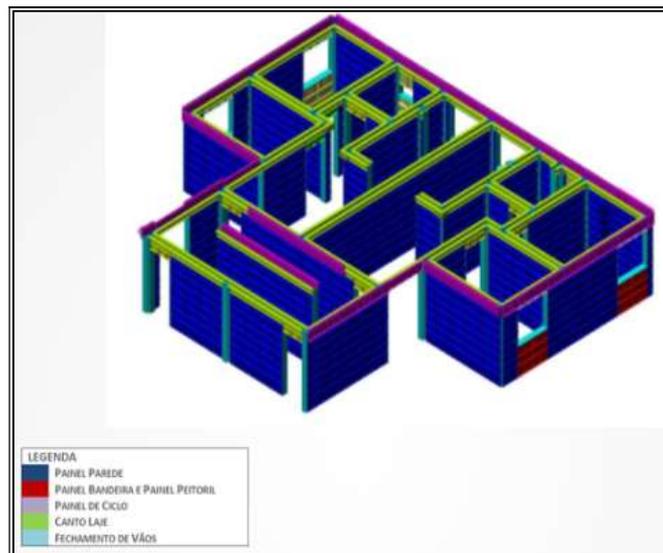
Figura 7 - Perspectiva e Croqui de uma Implantação Geminada em “Zig-Zag”



Fonte: Autor

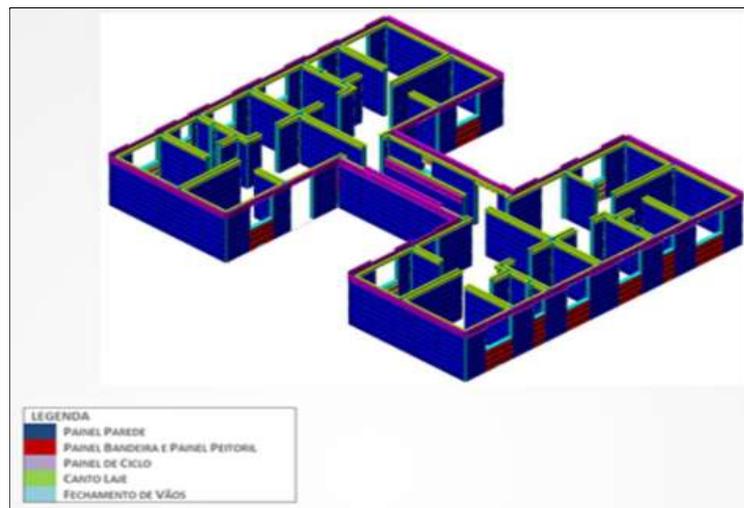
Na implantação isolada os edifícios são construídos com jogos de fôrma para 2 apartamentos + hall (Figura 8). Na implantação geminada os edifícios são construídos com jogos de fôrma para 4 apartamentos + hall (Figura 9).

Figura 8 - Visão Geral do Jogo de Fôrmas de Alumínio para 2 Apartamentos



Fonte: Autor

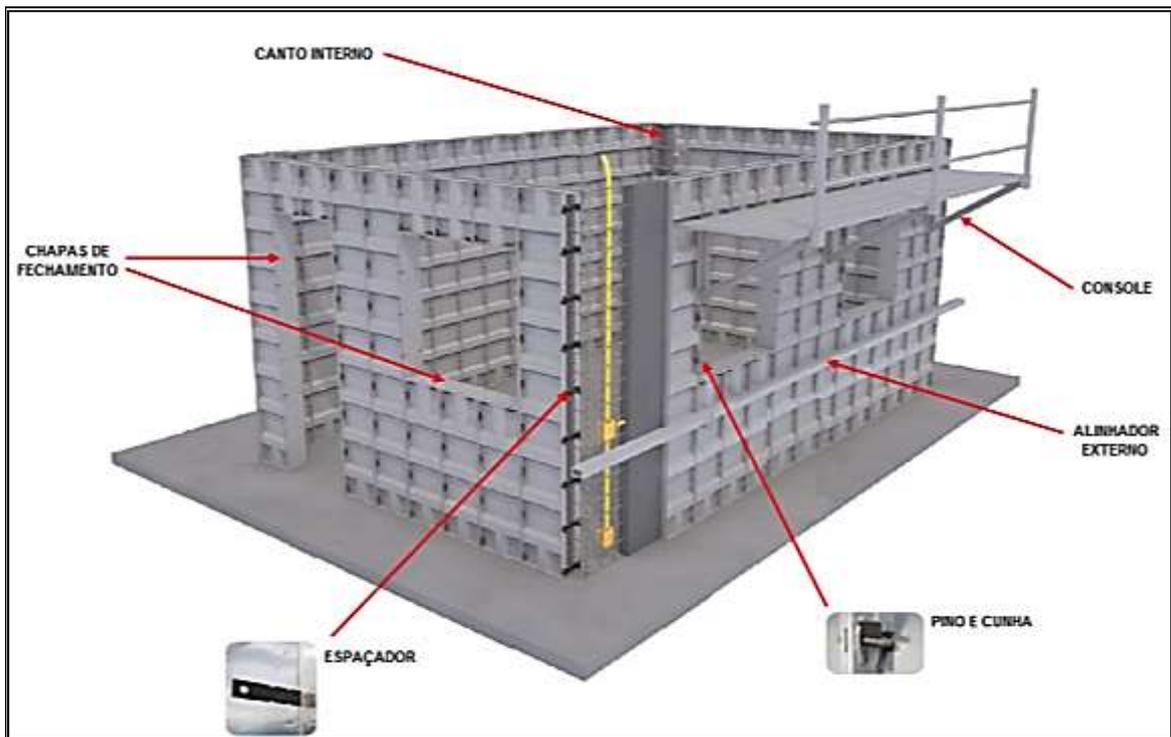
Figura 9 - Visão Geral do Jogo de Fôrmas de Alumínio para 4 Apartamentos



Fonte: Autor

Um jogo de fôrma é composto pelas principais peças como painéis parede, painel de laje, bandeira, peitoril, ciclo, canto laje e fechamento de vãos (Figuras 10 e 11).

Figura 10 - Descrição Técnica dos Acessórios



Fonte: Autor

Figura 11 - Tensor de Vãos, Alinhador, Faquetas e Porta Alinhadores



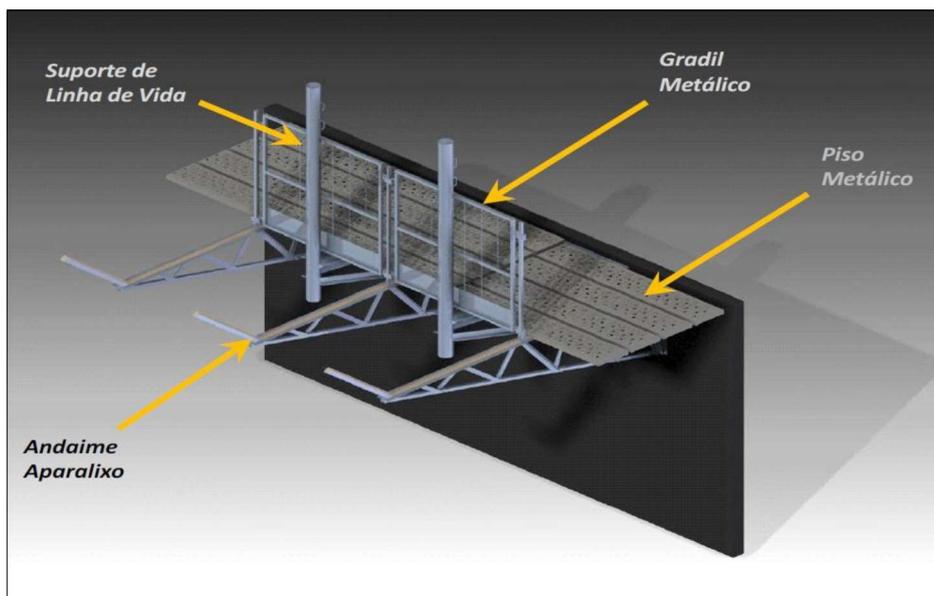
Fonte: Autor

Os painéis de ciclo, especificamente, tem o objetivo de manter a continuidade da fachada sem que haja desnível externo entre os pavimentos superior e inferior. Cada fabricante possui uma maneira diferente de fixação dos painéis de ciclo, sendo a mais frequentemente adotada o uso de parafuso cônico. A vantagem do uso deste parafuso é que ele será recuperado mais facilmente na desforma.

Os acessórios de junção utilizados são: pinos, cunhas, gravatas (faquetas), travas e clips. Existem também os acessórios de gabarito que são os tensores de vãos, porta alinhadores, cantoneiras de alinhamento e escoramentos. Todos estes acessórios são fabricados em aço carbono 1020 e 1040.

Ainda como componentes de montagem do sistema estão as fôrmas para platibanda, escada e painel protetor para escoramentos e reescoramentos. Em um jogo de fôrmas os acessórios de segurança para plataforma de trabalho (piso leve, gradil metálico, suporte para linha de vida e apara lixo) são obrigatórios e estão ilustrados na Figura 12. O aparalixo se faz necessário apenas para tipologias diferentes do padrão, nas quais o produto consiste em mais de 4 pavimentos.

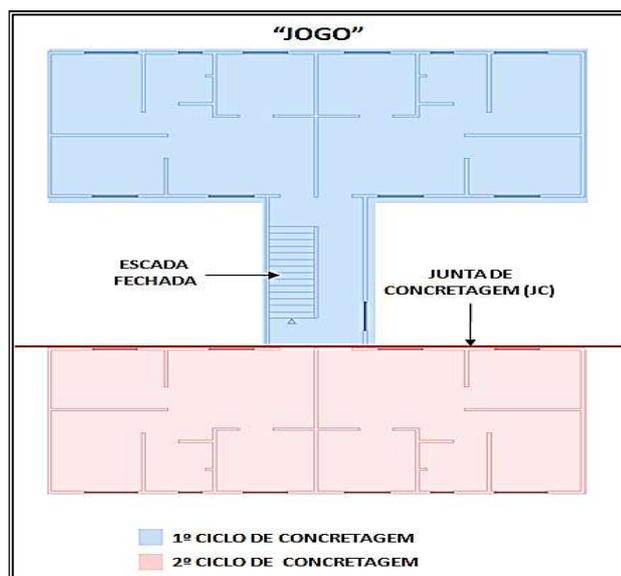
Figura 12 - Acessórios de Segurança da Plataforma de Trabalho



Fonte: Autor

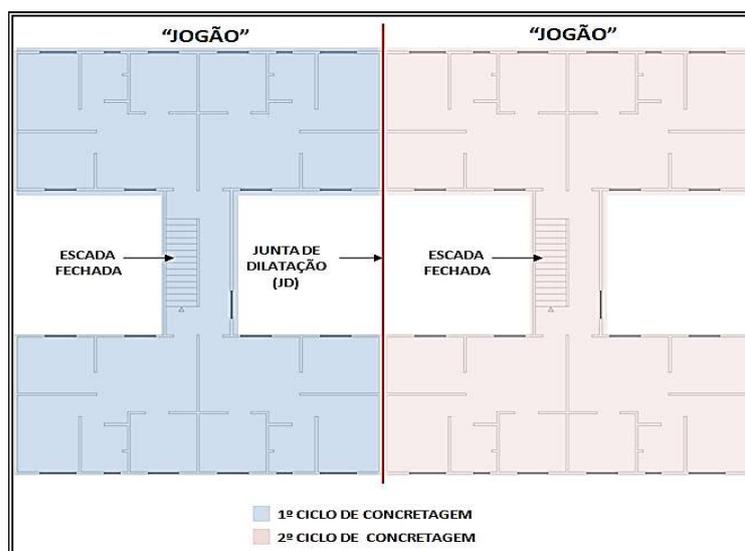
A execução de torres isoladas provoca uma junta de concretagem (Figura 13). Já a execução de torres geminadas gera uma junta de dilatação (Figura 14) que é preenchida com isopor de 2 cm de espessura entre as paredes de geminação. Nesta junta deverá ser instalada uma chapa de zinco onde sua fixação será através de rebites conforme detalhamento na Figura 15.

Figura 13 - Concretagem "Jogo"



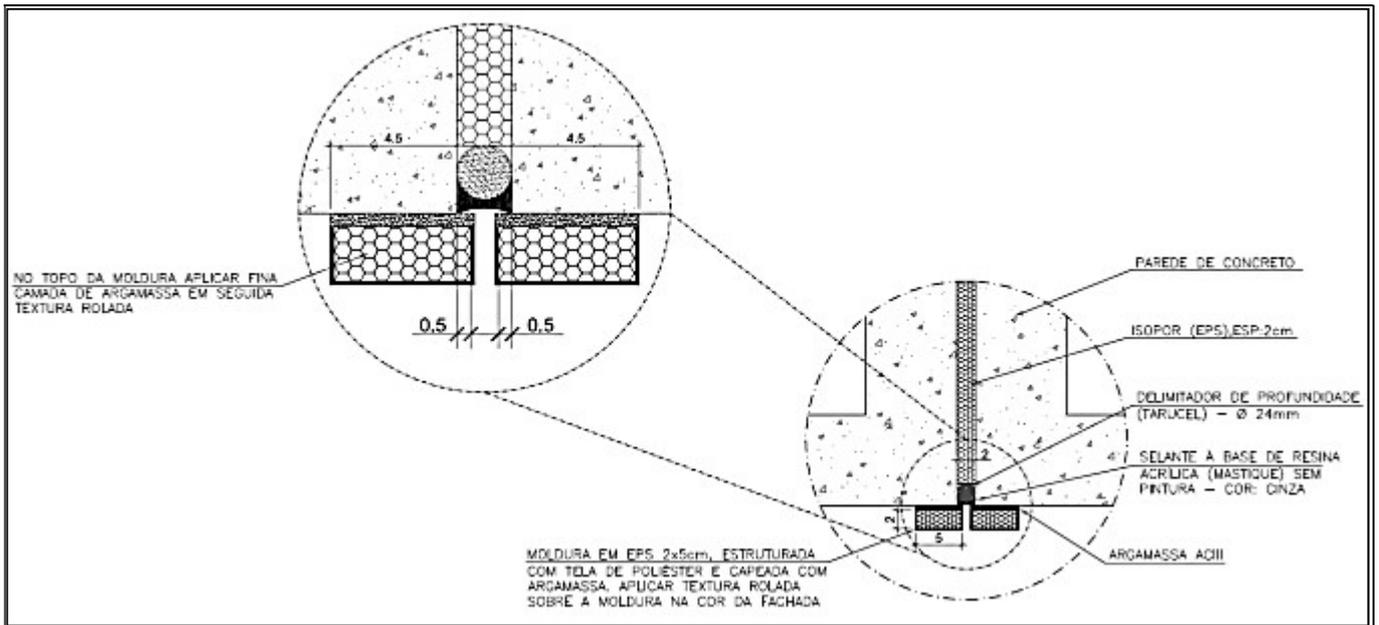
Fonte: Autor

Figura 14 - Concretagem "Jogão"



Fonte: Autor

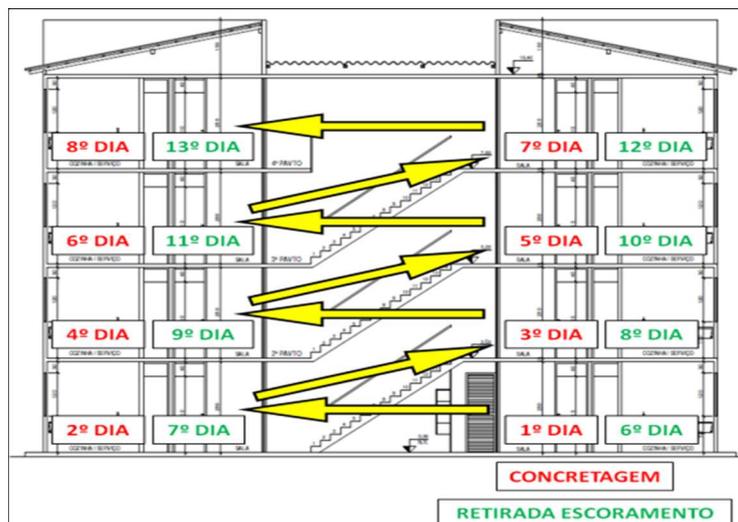
Figura 15 - Detalhamento Junta de Dilatação



Fonte: Autor

Os escoramentos dos cômodos nunca deverão ser posicionados na mesma direção das caixas de passagem locadas na laje, pois isso impossibilita o serviço de sondagem dos eletrodutos do apartamento. Além das questões de posicionamento para evitar interferências, na Figura 16 vemos um exemplo de sequência de concretagem e a retirada de escoramentos garantindo o prazo mínimo exigido pelo calculista.

Figura 16 - Sequência Executiva de Concretagem e Retirada do Escoramento



Fonte: Autor

3.3 Utilização de agentes desmoldantes

O desmoldante aplicado nos painéis deverá ser a base de óleos vegetais e biodegradáveis, pois possui alta temperatura de evaporação (>50°C).

A normatização brasileira estabelece que a escolha do desmoldante a ser empregado em fôrmas metálicas, de madeira, plásticas, ou seja, em qualquer tipo de fôrma a ser utilizada deve seguir os seguintes critérios (NBR 16.055:2012, p. 24-25):

- garantir que o concreto não tenha aderência à fôrma;
- não deixar resíduos na superfície das paredes ou ser de difícil remoção, podendo comprometer a aderência do revestimento final e o aspecto da parede;
- não alterar as características físicas e químicas do concreto;
- não degradar a superfície das fôrmas.
- Agentes desmoldantes devem ser aplicados de acordo com as especificações do fabricante, levando em consideração orientações referentes a requisitos ambientais e de saúde ocupacional.

3.4 Dimensionamento de equipes de trabalho

Toda atividade na obra precisa ter uma duração associada a ela. A duração é a quantidade de tempo – em horas, dias, semanas ou meses – que a atividade leva para ser executada. A montagem das fôrmas é um exemplo de atividade cuja duração depende da quantidade de serviço, da produtividade e da quantidade de recursos alocados (MATTOS, 2010).

Existem alguns fatores que podem afetar a duração de uma atividade, como por exemplo a experiência da equipe, o grau de conhecimento do serviço e o apoio logístico. Quanto mais experiente for uma equipe de trabalho, maior a facilidade em realizar a atividade e, conseqüentemente, menor o tempo necessário para executá-la (MATTOS, 2010).

Considerando estes fatores, a seguir será apresentado o dimensionamento das equipes sugeridas para realização dos serviços de armação, colocação de caixas e quadros elétricos e montagem do jogo de

fôrmas (Tabelas 2, 3 e 4), considerando os critérios apresentados por Mattos (2010).

Estas tabelas de produtividade foram formuladas com base na produtividade médias das obras da empresa utilizada como objeto de pesquisa. Utilizou-se os dados das obras atuais e daquelas já finalizadas para o cálculo de homem/hora.

Tabela 2 - Equipe e Produtividade do “Jogo de 2 apts.”

JOGO - 2 apartamentos				
Função	Qtd	h/h	Produtividade	
			Ciclo/dia	Ciclos/mês
Armador	3	0,07 Hh/m ²	1,25	17
Eletricista	3	0,07 Hh/m ²		
Montador de Fôrma	20	0,43 Hh/m ²		
Montador de Bandeamento	6	0,13 Hh/m ²		
Marcador	0,2	0,01 Hh/m ²		
Total	32,2			

Fonte: Autor

Tabela 3 - Equipe e Produtividade do “Jogão de 4 apts.”

JOGÃO - 4 Apartamentos				
Função	Qtd	h/h	Produtividade	
			Ciclo/dia	Ciclos/mês
Armador	6	0,07 Hh/m ²	1,25	17
Eletricista	6	0,07 Hh/m ²		
Montador de Fôrma	37	0,40 Hh/m ²		
Montador de Bandeamento	8	0,09 Hh/m ²		
Marcador	0,2	0,01 Hh/m ²		
Total	57,2			

Fonte: Autor

Tabela 4 - Equipe e Produtividade da Platibanda

PLATIBANDA				
Função	Qtd	h/h	Produtividade	
			Ciclo/dia	Ciclos/mês
Armador	1	0,01 Hh/m ²	1,25	17
Montador de Fôrma	6	0,02 Hh/m ²		
Pedreiro	1	0,01 Hh/m ²		
Total	8,0			

Fonte: Autor

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema construtivo “Parede de concreto moldada *in loco*” trata-se de um método racionalizado de construção que atende às necessidades de alta produtividade, redução de custos de produção e de etapas no processo construtivo que estão em consonância com o modelo de construção utilizado em obras de interesse social.

Observa-se que a utilização de fôrmas metálicas é um dos principais fatores que garantem alta produtividade e redução de algumas atividades de acabamento. As fôrmas utilizadas podem ser de aço, de alumínio, ou mistas de metal e madeira. As fôrmas de alumínio, em virtude do menor peso específico do material, são aquelas que garantem maior facilidade de manuseio pelo operário.

Em virtude das propriedades mecânicas dos metais, como aço e alumínio, as fôrmas utilizadas nestas obras demonstram um bom desempenho durante os ciclos de utilização aos quais estão submetidas.

Estas fôrmas são resistentes o suficiente para resistir aos esforços provenientes do empuxo do concreto no estado fresco, à vibração durante o adensamento. Adicionalmente, demonstram boa durabilidade às cargas oriundas das atividades de trabalhadores e equipamentos sobre elas.

Observa-se, ainda, que apesar do alto custo de aquisição inicial, a utilização destas fôrmas torna-se competitiva à medida que é possível reutilizá-las em outros edifícios e empreendimentos da empresa. Considerando que empreendimentos de interesse social possuem como característica a alta repetitividade, a reutilização das fôrmas em diversas unidades faz com que o custo de aquisição seja amortizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM; INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. Parede de Concreto: coletânea de ativos 2007/2008. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/9/anexo/colpc0708.pdf>>. Acesso em: 7 de Agosto de 2018.

_____. Parede de Concreto: coletânea de ativos 2011/2013. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/9/anexo/colpc0708.pdf>>. Acesso em: 9 de Agosto de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16055: **Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações**. Rio de Janeiro, 2012.

CORSINI, R. Norma inédita para paredes de concreto moldadas *in loco* entra em vigor e promete impulsionar uso da tecnologia em edificações. São Paulo. Techne. 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/183/paredes-normatizadas-norma-inedita-para-paredes-de-concreto-moldadas-287955-1.aspx>>. Acesso em 13 de Agosto de 2018.

CRUZ, Rosana Maximo da. Pressão lateral em formas para concreto. 1997. 142f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258016>>. Acesso em: 29 jul. 2018.

FARIA, R. Norma de paredes de concreto moldadas *in loco*. Revista Técnica, São Paulo: Pini, ano 17, n. 146, maio 2009b. Não paginado. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/146/normas-norma-de-paredes-deconcreto-moldadas-in-loco-139038-1.asp>>12. Acesso em: 08 ago. 2018.

FORSA. FORSA BRASIL. **Núcleo Parede de Concreto**. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/category/artigos>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

Fundação João Pinheiro. Déficit habitacional no Brasil 2015. Diretoria de Estatística e Informações. Belo Horizonte: FJP, 2018.

GARDNER, N.J. Pressure of concrete on formwork- A Review. ACI JOURNAL, Proceedings, v.82-69, p.744-753, sept.-oct. 1985.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Políticas sociais** – Acompanhamento e análise. 2007. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/politicas_sociais/habitacao14.pdf>. Acesso em 18 de Agosto de 2018.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). (1998). Catálogo de processos e sistemas construtivos para habitação. Publicação IPT; n.2515.

KELLY AMORIM. Portal PINIweb. **IPT desenvolve traço de referência para concreto autoadensável em paredes moldadas no local**. 2014. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/tecnologias-sistemas/ipt-desenvolve-traço-de-referencia-para-concreto-autoadensavel-em-paredes-330324-1.aspx>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

LO, T. Y.; TANG W. C.; Cui, H. Z.; The Effects Of Aggregate Properties On Lightweight Concrete. **Building And Environment** 42, 3025 – 3029, Elsevier, 2007.

Lomboy, G. R., Wang, X., & Wang, K.. Rheological behavior and formwork pressure of SCC, SFSCC, and NC mixtures. **Cement and Concrete Composites**, 54, 110–116. doi:10.1016/j.cemconcomp.2014.05.001. 2014.

MARANHÃO, G. M. **A otimização do projeto segundo a NBR 7190/97**. 226f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). USP, São Carlos, 2000.

MASCARENHAS, A.C.Q., **Considerações sobre Projeto de Formas e Escoramentos**. Publicação: Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia- UFBA, 1983.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. **Paredes de Concreto**. 2009. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/147/artigo285766-1.aspx>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

NAKAMURA, J. FREITAS, A. G. P.; SOUZA, U. E. L. Equipamentos maximizam produtividade em obras com paredes de concreto. 2018. Disponível

em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/equipamentos-maximizam-produtividade-em-obras-com-paredes-de-concreto_16806_38_0. Acesso em: 02 de Setembro de 2018.

OMRAN, A. F., & Khayat, K. H.. Choice of thixotropic index to evaluate formwork pressure characteristics of self-consolidating concrete. **Cement and Concrete Research**, 63, 89–97. doi:10.1016/j.cemconres.2014.05.005. 2014.

PONZONI, J. **PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO: VERIFICAÇÃO DO ATENDIMENTO ÀS RECOMENDAÇÕES DA NORMA NBR 16055/2012 NOS PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS EM OBRA DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL**. Porto Alegre, 2013.

ROMÁRIO FERREIRA. Portal PINIweb. **Fôrmas metálicas**. 48. 2012. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/48/formas-metalicas-produtividade-e-influenciada-pelo-processo-de-montagem-259972-1.aspx>>. Acesso em: 30 ago. 2018.