

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Curso de Especialização em Produção e Gestão do Ambiente
Construído

Matheus Neves Cambraia

**PROCESSO CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO
MOLDADAS *IN LOCO* EM FÔRMAS DE ALUMÍNIO**

Belo Horizonte

2017

MATHEUS NEVES CAMBRAIA

**PROCESSO CONSTRUTIVO DE PAREDES DE CONCRETO
MOLDADAS *IN LOCO* EM FORMAS DE ALUMÍNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído do departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Prof^a. Paula Bamberg

Belo Horizonte

2017

RESUMO

Uma das maiores necessidades da construção civil no Brasil é empregar métodos construtivos racionalizados para construção em larga escala visando a resolver a questão do *deficit* habitacional. O sistema construtivo de paredes de concreto é um método de construção racionalizado que oferece produtividade, qualidade e economia de escala. Esse trabalho tem como objetivo analisar o processo construtivo com parede de concreto moldada *in loco*, observando-se suas etapas de construção desde a fundação até o acabamento final. Para tal, foi realizada revisão bibliográfica sobre este sistema construtivo abordando-se seu surgimento, suas etapas de execução e suas características tais como tipos de fundação, armaduras, fôrmas utilizadas, bem como instalações. Foram avaliadas as particularidades dos projetos elétricos, hidráulicos, arquitetônicos e estruturais, que por sua vez apresentam um importante papel para a solidez do sistema, influenciando diretamente no custo e prazos finais da construção. Também foi realizado um estudo de campo onde foram observadas as fases de uma obra de paredes de concreto moldadas *in loco*. A partir da análise das características e das etapas de construção do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*, bem como do estudo de campo realizado, pode-se verificar que o sistema apresenta ótimos resultados devido às condições, rapidez na construção e custo/benefício.

Palavras-chave: Paredes de concreto moldadas *in loco*. Processo construtivo racionalizado. Fôrmas de alumínio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: <i>Radier</i>	15
Figura 2: Tela solada.....	16
Figura 3: Passagem dos eletrodutos entre as telas de aço.....	17
Figura 4: Tela armada em eletrodutos.	18
Figura 5: Comparativo entre sistema construtivo tradicional e sistema construtivo modular.	20
Figura 6: Paredes modulares e não modulares.....	21
Figura 7: Fôrmas de alumínio em uma edificação residencial.....	23
Figura 8: Pinos.	24
Figura 9: Corbatas.....	24
Figura 10: Cunhas.....	25
Figura 11: Grapa	25
Figura 12: Tapa.....	26
Figura 13: Escoramento de laje com escoras.	26
Figura 14: Alinhadores horizontal e vertical.....	27
Figura 15: Tensores de vãos.....	27
Figura 16: Aprumador usado em fôrmas de alumínio	28
Figura 17: Esquadro de travamento.	28
Figura 18: Ensaio de <i>Slump</i> test.	30
Figura 19: Lançamento do concreto nas fôrmas.	31
Figura 20: Projeto de implantação de 9 torres da obra em estudo no terreno.	35

Figura 21: <i>Radier</i> geminado das torres 3 e 4.	36
Figura 22: Marcação das paredes, fixação dos arranques e os espaçadores “bolacha”.	37
Figura 23: Telas de aço Q92 utilizadas nas paredes.	38
Figura 24: Reforços de vãos de portas e janelas.	39
Figura 25: Execução da instalação de caixas de passagem nas telas.	39
Figura 26: Eletrodutos e QDC’s instalados.	40
Figura 27: Instalações elétricas sendo passadas pela laje.	40
Figura 28: Montagem das formas dos primeiros apartamentos.	41
Figura 29: Mecanismos de travamento - cunhas, pinos e extensor de vãos.	42
Figura 30: Escoras das lajes e alinhadores de parede já travados	42
Figura 31: Fôrmas de um apartamento escoradas.	43
Figura 32: Laje pronta para receber as instalações elétricas.	43
Figura 33: Ciclo de concretagem no formato “Zig-Zag”.	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Definição de concreto armado	10
2.2 Histórico do concreto armado	10
2.3 Introdução ao método construtivo de paredes de concreto	12
2.4 Sequências de execução	13
2.5 Fundação	14
2.6 Marcações de laje	15
2.7 Armaduras de aço	15
2.8 Instalações prediais	17
2.9 Modulação	19
2.9.1 Comparativo entre métodos construtivos	19
2.9.2 Modulação na parede de concreto	20
2.10 Sistema de fôrmas em paredes de concreto	21
2.10.1 Fôrmas de alumínio	23
2.10.1.2 Corbata	24
2.10.1.3 Cunha	24
2.10.1.4 Grapa	25
2.10.1.5 Tapa	25
2.10.1.6 Escoramento	26

2.10.1.7 Alinhador.....	27
2.10.1.8 Tensor de vãos	27
2.11 Concretagem das paredes.....	29
2.12 Características do concreto utilizado	29
2.13 Desempenho das paredes de concreto armado	33
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	34
4 ESTUDO DE CAMPO	35
4.1 Procedimentos de execução de uma obra de parede de concreto	35
REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* foi utilizado nas décadas de 70 e 80 no Brasil, porém não teve grande aceitação na época. Apenas em 2001, essa tecnologia construtiva ganhou força, devido principalmente à necessidade de se diminuir o *deficit* habitacional crescente no país. (FRANCO, 2012).

O Governo Federal em 2009 criou o programa Minha casa Minha Vida, devido à dificuldade de financiamentos, que vem sistematicamente diminuindo o *deficit* habitacional brasileiro. Segundo o Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA, 2012), o *deficit* em 2007 representava cerca de 5.593.000 residências, em contrapartida em 2012 o número caiu cerca de 8,53%. Apesar da queda no *deficit* habitacional verificada, esta não é tão significativa, uma vez que mais de cinco milhões de brasileiros estão sem moradia.

O setor da Construção Civil percebeu a necessidade de aumentar a produtividade através da racionalização dos processos construtivos. Com isso outras formas construtivas como alvenaria autoportante, estrutura de pré-moldados, estruturas metálicas e paredes de concreto passaram a ser mais utilizadas.

A construção civil brasileira no século XX explorou a fundo a utilização do método construtivo de alvenaria estrutural, que de acordo com Rivers (2010), devido aos seus princípios de racionalização, qualidade e economia, ganhou força no país. A partir daí, a necessidade de construções cada vez mais racionalizadas cresceu e algumas construtoras investiram em novas tecnologias, surgindo aí a parede de concreto moldada "*in loco*".

Quando a técnica construtiva de paredes de concreto moldadas *in loco* chegou ao mercado brasileiro haviam poucas informações específicas a respeito do mesmo, então as construções eram baseadas na ABNT NBR 6118: 2003, que normatiza as estruturas de concreto armado de um modo geral. Devido à grande abrangência desse sistema no mercado, em 2012 foi criada uma norma específica, a ABNT NBR 16055: 2012, que prescreve os requisitos e procedimentos relativos à execução deste método construtivo. (ARÊAS, 2013).

O sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* vem ganhando, cada vez mais espaço no Brasil. A utilização desse processo representa algo em torno de 20% das unidades do programa Minha Casa Minha Vida, e deve chegar a 40 ou 50% até 2016. (FONSECA, 2012). Esse tipo de construção tem uma grande sequência de repetições no processo de execução da edificação e devido a esse motivo, constitui-se em um processo racionalizado economicamente viável.

O emprego do sistema de paredes de concreto moldadas *in loco* tem um custo inicial elevado, devido ao alto preço das fôrmas, porém, elas podem ser reaproveitadas em torno de 1500 vezes, o que compensa o alto custo inicial. Como características tem-se a modulação do projeto, a precisão dimensional das fôrmas, o fato do concreto utilizado ser usinado, ou seja, produzido com traços rigorosos. Há a necessidade do emprego de mão de obra qualificada e consegue-se com este método construtivo um tempo de execução de cada pavimento extremamente rápido. Estas características propiciam um resultado dentro do prazo e de altíssima qualidade, o que torna o custo/benefício bastante atrativo para as empresas que desejam utilizar esse método. (ARÉAS, 2013).

O maior canteiro de obras do Brasil executado por empresa privada em parceria com o governo do Amazonas, o empreendimento “Meu Orgulho” localizado em Manaus/AM, foi executado em paredes de concreto moldadas *in loco*. Devido a velocidade de execução da obra e o reduzido custo final, muitas construtoras aderiram a essa técnica, que abrangeu grande parte do programa *Minha Casa Minha Vida* do governo federal. (PIMENTA, 2010).

O objetivo geral deste trabalho é analisar o processo construtivo do sistema de paredes em concreto armado moldadas *in loco* com fôrmas de alumínio, conforme a ABNT NBR 16055: 2012, observando suas etapas na construção. Como objetivos específicos, tem-se estudar e apresentar os procedimentos de execução de obras em parede de concreto; avaliar as particularidades dos projetos elétricos, hidráulicos, arquitetônicos e estruturais para serem executados no sistema construtivo em paredes de concreto; analisar os componentes e vantagens do uso de fôrmas de alumínio no sistema de paredes moldadas *in loco*; realizar um estudo

de caso em uma obra predial residencial onde foi empregado o método construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* com formas de alumínio.

Esse trabalho justifica-se devido a necessidade de estudos mais aprofundados a respeito do método construtivo paredes de concreto moldadas *in loco*. Apesar de ser uma técnica explorada ao redor do mundo há um bom tempo, principalmente na Europa, no Brasil ela é relativamente nova. Por isso é fundamental que instituições acadêmicas, bem como empresas que atuam no campo de engenharia civil procurem aprofundar ainda mais os conhecimentos deste sistema construtivo, visando a maximização dos resultados e, por fim, proporcionando qualidade e produtividade na construção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Antes de se fazer o estudo das paredes de concreto moldadas *in loco*, faz-se necessário a análise de alguns conceitos básicos, bem como a compreensão do contexto histórico em que o concreto armado, principal elemento construtivo do sistema em questão, está inserido. Também é necessário estudar como funciona o sistema construtivo em paredes de concreto e quais os estudos já realizados sobre o assunto.

2.1 Definição de concreto armado

O concreto é a junção de cimento com agregados miúdos (areia), agregados graúdos (brita), água, além de aditivos, se necessário, de modo a melhorar determinadas propriedades do mesmo. Tem como características principais a alta resistência à compressão, porém, em contrapartida, apresenta baixa resistência à tração. Para compensar essa deficiência do concreto são utilizadas armaduras de aço, de forma a resistirem aos esforços de tração, surgindo, portanto o que chamamos de concreto armado. (BASTOS, 2006).

O concreto armado como sendo a resultante da união entre o concreto armado e de barras de aço, envolvidas pelo concreto e com boa aderência, de forma a resistirem aos esforços de compressão e tração, respectivamente. As nervuras nas barras de aço possibilitam essa boa aderência que é essencial para que o sistema trabalhe de forma conjunta. (SOUZA, 2012).

Portanto, o concreto armado é a união do concreto simples com a armadura, devidamente aderidos. O concreto simples tem a função de resistir aos esforços de compressão e a armadura aos esforços de tração.

2.2 Histórico do concreto armado

As matérias-primas necessárias à execução do concreto armado são bastante abundantes no meio ambiente, contribuindo em grande importância para a sua vasta utilização. A versatilidade, ou seja, a capacidade do concreto assumir qualquer

forma é outro fator que faz com que essa técnica de construção perdure desde os primórdios da civilização.

Bastos (2006) destaca que a cal hidráulica e o cimento pozolânico (de origem vulcânica) já eram conhecidos pelos romanos como aglomerante, sendo reconhecidos por grandes obras que inclusive estão de pé até os dias atuais, como por exemplo, o Panteão e o Coliseu.

Santos (1983) lembra que outros povos também desenvolveram importantes técnicas que levaram à evolução do que hoje chamamos de concreto armado. Os assírios e babilônios, por exemplo, usaram a argila como aglomerante e os egípcios conseguiram uma ligação bem rígida com utilização de argamassa de cal e gesso, aplicado em suas pirâmides e templos.

Já o cimento Portland, que sofreu grande evolução tecnológica até chegar ao que se utiliza hoje, foi descoberto na Inglaterra por volta do ano de 1824 e a produção industrial foi iniciada após 1850. Em 1824, o escocês Josef Aspdin desenvolveu um cimento bem semelhante ao atual, nomeando-o de *Portland*, porém, destaca que somente em meados do século XIX, surgiu a ideia de se adicionar ao concreto um material de elevada resistência à tração dando origem, portanto, ao que chamamos hoje de concreto armado. (SANTOS, 1983).

O francês Lambout foi o primeiro a construir um objeto em concreto armado, sendo este, um barco exibido em Paris, em 1855. Porém, Monier é apontado por muitos como inventor do concreto armado tendo como mais expressáveis patentes a construção de pontes em 1873 e escadas em 1875. Em 1949, Mörsch, comprou o direito das patentes de Monier e publicou as primeiras teorias com bases científicas sobre concreto armado, que inclusive continuam válidas até os dias atuais. (SANTOS, 1983).

No Brasil, Souza (2012) refere-se a Emílio Henrique Baumgart como sendo o “pai” da engenharia estrutural tendo como suas principais obras de concreto armado a Ponte Herval (Santa Catarina) sobre o Rio do Peixe, em 1928 e o Edifício “A Noite” no Rio de Janeiro em 1928.

De acordo com Bastos (2006), as primeiras normas regulamentadoras para as estruturas em concreto armado datam de 1904 na Alemanha, 1906 na França e 1909 na Suíça.

O concreto armado e seus materiais constituintes sofreram grandes evoluções ao longo da história. Nos dias atuais utiliza-se o concreto armado para várias aplicações, atendendo às mais diversas demandas. Nesse contexto, surgiu o sistema construtivo de paredes de concreto, que podem ser moldadas no local ou pré-moldadas. Pode-se dizer que a implementação dessa técnica só se tornou possível, graças ao desenvolvimento da qualidade do concreto, principalmente com o surgimento do concreto auto-adensável, que é essencial para possibilitar a boa fluidez do mesmo sobre as fôrmas da estrutura.

2.3 Introdução ao método construtivo de paredes de concreto

A construção de obras com paredes de concreto moldadas *in loco* é um excelente sistema construtivo, pois, ajuda empresas da construção civil a reduzir seus prazos de execução e a racionalizar os materiais gastos, gerando assim, um menor custo. Esse sistema de construção tem sido muito bem aceito pelos brasileiros, pois se assim como o método construtivo de alvenaria estrutural, que é muito utilizado no Brasil, consiste em um sistema racionalizado e passa uma visão de maior solidez estrutural e segurança.

De acordo com Wendler (2012) no desenvolvimento do projeto de parede de concreto moldada *in loco* tem-se como maior responsável o projetista estrutural, acarretando o dever de compatibilizar todos os projetos junto com os engenheiros responsáveis para não afetar a estrutura.

Uma boa execução dos projetos é muito importante para a estrutura da construção. No caso da execução do projeto elétrico, eles são colocados na fôrma antes da concretagem e é preciso um grande cuidado. Os materiais utilizados devem ser mais resistentes do que os usados em outros métodos de construção, para que na hora da vibração para o adensamento do concreto, a nata do concreto não entre nas instalações elétricas e nem vazem das fôrmas.

No sistema construtivo de parede de concreto, a compatibilização dos projetos é muito importante, já que as paredes da edificação e qualquer abertura ou elemento embutido na mesma interfere na sua estrutura. As instalações elétricas e hidráulicas quando passadas externamente são pouco aceitas pelos consumidores devido à estética, então de acordo com a norma ABNT NBR 16055:2012, é função do projetista estrutural tomar a decisão de embuti-las ou não, e se embuti-las deve ser feito causando uma menor interferência na estrutura.

Para garantir a execução da obra dentro do prazo e custo previstos, o planejamento e acompanhamento da execução devem ser desenvolvidos com rigor.

O ciclo da construção da parede de concreto moldada *in loco*, marcação do piso, execução da armação da parede, execução das instalações da parede, execução das fôrmas da parede, execução da armação da laje, execução das instalações da laje, concretagem, desforma, deverá ocorrer em um único dia. Portanto, o sistema de fôrma que havia sido utilizado na última etapa de concretagem precisa ser desformado e montado no próximo local onde ocorrerá a nova concretagem, fazendo com que a obra seja executada de maneira rápida.

2.4 Sequências de execução

A parede de concreto moldada *in loco* tem como forte característica a racionalização dos serviços, sendo executada mais rapidamente e dessa maneira a construtora poderá trabalhar com prazos de entregas mais curtos. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2012).

A moldagem *in loco* dos elementos de fundação, torna a execução extremamente importante, porque as paredes são concretadas em uma única etapa e todos os elementos, como instalações elétricas, hidráulicas, caixilhos de portas e janelas, elementos de fixação são embutidos antes da concretagem, sendo necessário um acompanhamento rigoroso. (REVISTA TÉCNICA, 2009, p. 74-80).

O Planejamento e organização para a execução do empreendimento devem ser feitos com muito rigor, levando em consideração as questões de logísticas, suprimentos, prazos, jogo de formas, volume de concreto, quantidade de aço, mão

de obra, materiais de hidráulica e elétrica, entre outros. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2012).

2.5 Fundação

Para o sistema construtivo de parede de concreto moldada *in loco*, pode ser adotado qualquer tipo de fundação, como a sapata corrida, *radier*, blocos de coroamento para tubulões, sapatas. (COMUNIDADE DO CONCRETO, 2007).

As condições locais do empreendimento influenciam na escolha do tipo de fundação, considerando o aspecto de segurança, estabilidade e durabilidade. Para que ocorra uma boa execução do projeto deve sempre ter uma grande preocupação na hora da execução, porque o nivelamento da fundação é muito importante. (ABCP, 2007).

Deve ser levada em conta a ligação de solo-estrutura, para edificações com mais de cinco pavimentos, para considerar a deformação que pode ocorrer na fundação.

De acordo com Bastos (2012) as sapatas são fundações de concreto armado que trabalham a flexão, dimensionadas para que o emprego da armadura trabalhe esses esforços. Há dois tipos básicos de sapatas, as sapatas corridas que sofrem a ação de cargas distribuídas linearmente ou de pilares no mesmo alinhamento, e as sapatas isoladas que sofrem ações de um único pilar.

Outro tipo de fundação muito indicada para o método construtivo em questão é o *radier*, que é um tipo de fundação rasa, que abrange toda a área da construção funcionando como uma laje, distribuindo uniformemente as cargas da estrutura para o solo, segundo Massuda (2013). É executado com bastante rapidez e economia.

Na figura 1 é mostrada a fundação do tipo *radier* de uma obra onde foram empregadas paredes de concreto, que pode ser utilizado na maioria dos solos, porque a distribuição de cargas é uniforme, admitindo um solo com menor resistência do que a necessária para a fundação em estaca. O *radier* pode ser feito em concreto armado, concreto reforçado com fibras ou concreto protendido.

Figura 1: *Radier*.



Fonte: Parede de concreto – coletânea de ativos, 2007.

Quando a fundação é executada para apoiar grandes construções, é mais viável trabalhar com o *radier* protendido, que é feito com uma armadura ativa de aço muito resistente, entregue em bobina, que normalmente é constituído por uma cordoalha engraxada e plastificada formada por sete fios (FEITOSA, 2012). São utilizadas ancoragem e cunhas para a proteção do *radier*. Já o *radier* armado é mais utilizado em pequenas construções, de casas ou edifícios baixos, com no máximo cinco pavimentos.

2.6 Marcações de laje

Depois da laje nivelada, é necessário realizar a marcação das linhas de parede no piso de apoio, de modo a orientar a localização dos painéis de fôrma. É utilizada linha xadrez e esquadro de carpintaria, na execução a marcação da laje, para a parede ficar alinhada e conferência de pontos elétricos e hidráulicos. (ABCP, 2007).

A marcação da laje é a primeira atividade no processo. Para a separação dos painéis de fôrma, são instalados espaçadores “bolacha” no chão, com o uso de pistolas chumbadoras. (MISSURELLI, 2013).

2.7 Armaduras de aço

Segundo Misurelli (2013) são utilizadas armaduras de tela soldada posicionadas verticalmente, para resistir a esforços de flexo-torção e controlar a retração do

concreto. Conforme o autor, em paredes de até 15 cm pode ser utilizado armadura centrada, acima disso ou em paredes que sofrem momentos, as armaduras devem ser compostas por duas telas. Em alguns pontos como vãos de portas e janelas são utilizados reforços de telas ou barras de armadura convencional.

Segundo Massuda (2013) devem ser seguidas as especificações do projeto ao executar a montagem da estrutura. Primeiramente é realizada a montagem da tela soldada, depois colocados os reforços e por último os espaçadores para não deixar o aço da estrutura encostar na fôrma e atrapalhar no cobrimento da armadura.

A figura 2 mostra uma tela montada na fundação com os espaçadores para deixar o devido cobrimento, deixando a camada de proteção da armadura para garantir a durabilidade da estrutura.

Figura 2: Tela solada.



Fonte: SANTOS, 2013.

Ao usar a armação, segundo Corsini (2013), deve ser tomado o cuidado de deixá-la bem amarrada para que ela fique perfeitamente na vertical e horizontal, e não cause problemas de dimensionamento. Devido ao grande volume de concreto lançado nas formas, deve-se dar grande atenção ao sistema de escoramento e formas para não ocorrer o desaprumo. A ocorrência de grandes desníveis, pode acarretar um grande problema no acabamento final, já que nesse tipo de construção não é utilizado emboço e reboco.

O uso de treliças e barras para a armação das lajes e paredes de concreto armado não são proibidos, de acordo com a ABNT NBR 16005:2012 – item 8.2. Na maior parte das construções de parede de concreto são utilizadas as barras somente em locais que necessitam esforços e no restante, tela soldada.

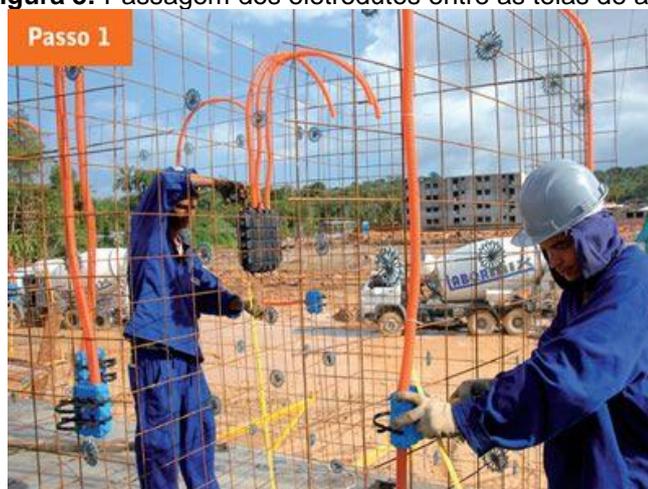
2.8 Instalações prediais

No caso de instalações elétricas, a quantidade de mangueiras e caixas normalmente é grande. Portanto os projetistas devem atentar para o posicionamento correto, utilizar as instalações nas seções verticais e evitar passá-las horizontalmente, usar os eletrodutos com o diâmetro máximo de 25 mm e espaçá-los com no mínimo duas vezes a espessura da parede, evitando passar mais de um no mesmo ponto. (WENDLER, 2012).

Todas as instalações elétricas são fixadas nas fôrmas de acordo com o especificado em projeto. A fixação deve ser bem feita para que não haja o desprendimento delas na concretagem. Nas caixas, deve-se tomar o cuidado para que na hora da vibração não haja o vazamento do concreto, para tal, recomenda-se o uso de papel ou pó de serra.

Na figura 3 é possível observar eletricitistas executando a passagem dos eletrodutos e caixas de passagem antes do fechamento das fôrmas, para que elas fiquem internas à estrutura.

Figura 3: Passagem dos eletrodutos entre as telas de aço.



Fonte: EQUIPE DE OBRA, 2012.

Nas instalações hidráulicas, o desenvolvimento do projeto passando as tubulações embutidas na parede pode ser complicado e é dever do projetista estrutural definir qual a melhor situação. Pode ser utilizada a instalação da tubulação externa, ou dentro de *shafts*, facilitando uma futura manutenção se ocorrer algum problema na tubulação.

Uma observação feita pela ABESC 2012) foi a respeito de trincas que começaram a surgir nas paredes próximo as caixas de passagem, e com isso foi desenvolvido e implantado um sistema com pequenas telas de aço instaladas próximas à lateral das caixas. Estas telas tem a função de receber as cargas e evitar a propagação das trincas.

Na figura 4, temos paredes com eletrodutos envolvidos nas telas de aço.

Figura 4: Tela armada em eletrodutos.



Fonte: ABESC2012.

Segundo a NBR 16.055 – item 13.3 (ABNT, 2012), podem ser utilizadas tubulações com dimensão de 50% da espessura da parede, a diferença de temperatura não ultrapassar 15°C, e deve restar espaço para o cobrimento mínimo da armadura. Tubulações metálicas não podem encostar na armadura para que não ocorra corrosão, quando a tubulação é embutida na parede.

2.9 Modulação

A coordenação modular:

É o sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo predeterminado (10 cm), compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas com o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações. (LUCINI, 2001).

Porém, a definição mais abrangente feita a respeito de coordenação modular é de Greven (2000), que a define como sendo “a ordenação dos espaços na construção civil”.

Historicamente, o uso de modulação aparece na arquitetura de várias civilizações, dentre elas, a japonesa. (ROSSO, 1976).

Segundo Rosso (1976), na civilização japonesa, a medida modular utilizada era o *shaku*, que equivalia a praticamente o pé inglês, e era dividida em unidades decimais, a partir dessa definição, a modulação começou a ser aplicada.

Segundo Ching (1998), pode-se observar o uso de modulação nos tatames japoneses que eram utilizados nos pisos das casas e que tinham dimensões constantes (3,15 x 6,30) *shaku*. A partir disso foi necessário dimensionar o ambiente, de forma a receber os tatames em números inteiros, dando assim mais praticidade na hora de revestir o piso das construções, e o caráter de modulação nos projetos japoneses.

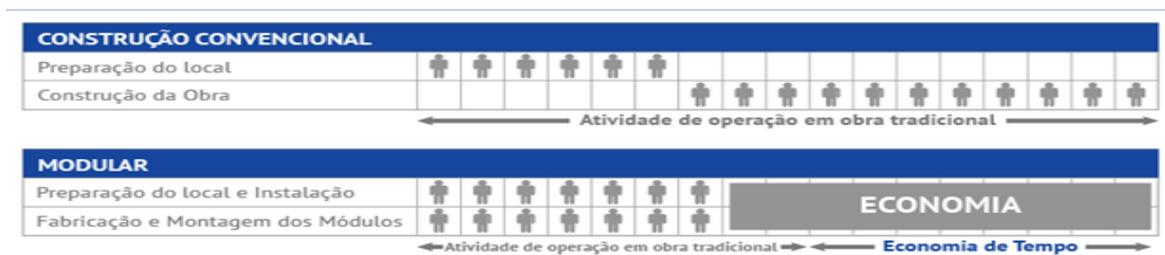
A coordenação modular é aplicada no sistema construtivo de paredes de concreto em cada projeto através das várias possibilidades que os painéis podem assumir ao se encaixar de acordo com vários projetos com diversas dimensões.

2.9.1 Comparativo entre métodos construtivos

O uso da modulação em projetos construtivos auxilia o trabalho dos projetistas, que a partir dela podem contar com elementos compatíveis entre si; simplifica a coordenação de projetos, graças à diminuição de variedades e medidas; orienta e simplifica o processo de montagem na obra e permite o uso de equipamentos modulares em vários projetos, visto que é um processo repetitivo. (COSTA,2009).

Na figura 5, pode-se observar a diferença de uma construção convencional em relação a uma modular. A construção convencional é feita por etapas, onde uma etapa não interfere na outra, já a construção modular possui a capacidade de executar etapas simultâneas, propiciando maior ganho de tempo, conseqüentemente economia no empreendimento.

Figura 5: Comparativo entre sistema construtivo tradicional e sistema construtivo modular.



Fonte: EUROBRÁS, 2014.

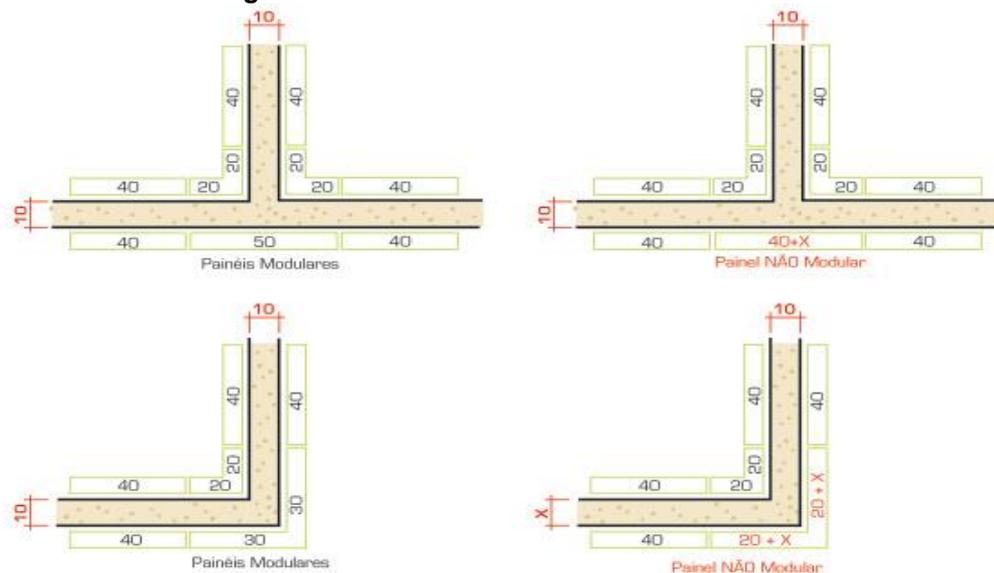
2.9.2 Modulação na parede de concreto

Em 2010 entrou em vigor a ABNT NBR 15873: 2010, que é a norma regulamentadora da construção modular para edificações. Esta norma estabelece, entre outras coisas, a dimensão de 10 cm como módulo a ser adotado em todos os elementos construtivos, com a criação dessa norma, um dos grandes favorecidos é o sistema de fôrmas de parede de concreto por contarem com painéis também modulados, podem ser aplicados nos mais diversos projetos, com poucas ou nenhuma adaptações. (PAREDE DE CONCRETO – Coletânea de Ativos, 2009/2010, p. 18).

Na figura 6 é possível observar dois exemplos de paredes de concreto. Na primeira série da figura aparece uma parede feita com painéis modulares seguindo a NBR

15873 (ABNT, 2010), onde as medidas são inteiras e as paredes possuem 10 cm de espessura, evitando assim o recorte de revestimento e mantendo uma repetição no projeto. Já o segundo exemplo é uma parede não modular, que devido as suas paredes serem assimétricas, levará mais tempo para serem executadas, devido à existência de fôrmas de medidas diferentes.

Figura 6: Paredes modulares e não modulares.



Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2010.

2.10 Sistema de fôrmas em paredes de concreto

A fôrma tem como objetivo moldar o concreto fresco e é composto de estruturas provisórias. É compreendido por painéis de fôrmas, escoramento, cimbramento, apuradores e andaimes, incluindo seus apoios, bem como as uniões entre os diversos elementos. O sistema de fôrmas deve ser projetado e construído de modo a ter: resistência a ações a que possa ser submetida durante o processo de construção; rigidez suficiente para assegurar que suporte as tolerâncias especificadas para a estruturas das paredes de concreto sendo que não afete a integridade dos elementos estruturais, a estanqueidade e a conformidade com a geometria das peças que estão sendo moldadas dentro das fôrmas, conforme o item 18.2.1 da NBR 16055. (ABNT, 2012).

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Serviços em Concreto (ABESC, 2012), a escolha adequada do tipo de fôrma é o fator determinante para a

potencialização da produtividade e da economia. Alguns aspectos devem ser considerados para definir o tipo de fôrma, como por exemplo:

- A produtividade da mão de obra na operacionalização do conjunto; o peso por m² dos painéis, onde painéis muito pesados dificultam a movimentação e transporte dentro da obra;
- A durabilidade das chapas e número de reutilização, esse fator depende do material de cada fôrma;
- A modulação dos painéis, que interfere diretamente na economia do empreendimento;
- A adequação quanto a fixação de embutidos (hidráulica, elétrica), se houver erro nessa fase, atrasará todo andamento da obra, já que as etapas desse método construtivo são simultâneas;
- A análise econômica e comercialização (locação venda e *leasing*), certos materiais de fôrmas são caros, ou de difícil localização para compra ou aluguel no Brasil, por isso esse fato deve ser levado em conta na hora da escolha da fôrma;
- O suporte técnico do vendedor (capacidade instalada, área de cobertura;
- Agilidade de atendimento, oferta de treinamento e assistência técnica), fato muito importante, devido a necessidade de assistência em várias etapas de montagem e desmontagem das fôrmas.

Para o sistema construtivo paredes de concreto, os sistemas de fôrmas mais utilizados são as fôrmas metálicas que utilizam quadros e chapas metálicas tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada; fôrmas metálicas com compensado que são compostas por quadros em peças metálicas (aço ou alumínio) e utilizam chapas de madeira compensada para dar o acabamento na peça concretada; fôrmas plásticas que utilizam quadros e chapas feitos em plástico reciclável, tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada, sendo contraventados por estruturas metálicas.

Neste trabalho como se trata de uma pesquisa sobre o método construtivo em fôrmas de alumínio, será dada ênfase a este tipo de fôrmas.

2.10.1 Fôrmas de alumínio

Fôrmas de alumínio são leves, duráveis, de fácil alinhamento e prumo, bom acabamento superficial, rapidez na montagem de painéis e boa estanqueidade. Como desvantagem tem-se o material utilizado que é o alumínio, que por ser um material nobre, possui alto custo. Outro fator é a pouca disponibilidade de fôrmas e empresas fabricantes atuando no mercado, dificuldade de modulação e necessidade de capacitação de mão de obra especializada. (FARIA, 2009).

Na figura 6 pode-se ver uma estrutura em fôrmas de alumínio, onde suas fôrmas já estão travadas e aprumadas, esperando a concretagem. As fôrmas de alumínio operam em conjunto com outras peças para que ocorram um encaixe, alinhamento, travamento e aprumamento perfeitos.

Figura 7: Fôrmas de alumínio em uma edificação residencial.



Fonte: ABESC, 2012.

Nos itens a seguir, serão apresentadas cada peça e sua função no sistema de fôrmas de alumínio.

2.10.1.1 Pino

O pino tem a função de fixar os painéis de alumínio entre si, trabalha em conjunto com a cunha. Também serve como um acessório complementar para as situações em que espaçadores ou perfil de ajustes são utilizados.

Figura 8: Pinos.

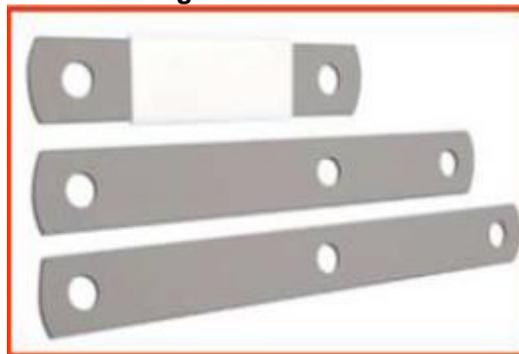


Fonte: CONSTRUTORA TENDA, 2016.

2.10.1.2 Corbata

Corbatas são peças feitas em aço, sua função é separar e fixar os painéis de alumínio, também serve para determinar a espessura das paredes. São peças fabricadas de acordo com especificações de projeto.

Figura 9: Corbatas.



Fonte: CONSTRUTORA TENDA, 2016.

A figura 9, mostra diferentes tamanhos de corbatas usadas em fôrmas de alumínio.

2.10.1.3 Cunha

A cunha entra no sistema de travamento das fôrmas e trabalha em conjunto com os pinos. Ela é um pouco curva na sua forma para facilitar o seu encaixe. A figura 10 apresenta uma cunha trabalhando em conjunto com um pino.

Figura 10: Cunhas.



Fonte: CONSTRUTORA TENDA, 2016.

2.10.1.4 Grapa

A grapa (figura 11) tem a função de fixar as fôrmas de alumínio que não são perfuradas. Essas situações ocorrem em casos como: laje com *radier* e painéis de parede com *radier*

Figura 11: Grapa



Fonte: CONSTRUTORA TENDA, 2016.

2.10.1.5 Tapa

Tapas são peças de alumínio que têm como função o fechamento de parede e janela, o modo de uso dessas peças é encaixando-as. Assim como os painéis, também utilizam-se pinos e cunhas para o travamento, e em alguns casos especiais, se a configuração não for padrão, podem ser usadas grapas. A figura 12 mostra um montador fazendo o fechamento de uma esquadria utilizando as tapas.

Figura 12: Tapa.



Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2001.

2.10.1.6 Escoramento

De acordo com a ABNT NBR 16055: 2012, o escoramento deve ser projetado de modo a não sofrer, sob a ação de seu peso próprio, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da estrutura de concreto, deformações prejudiciais ao formato da estrutura de parede de concreto ou que possam causar esforços não previstos no concreto. Ainda segundo a mesma norma, no projeto do escoramento deve ser considerada a deformação, a flambagem dos materiais e as vibrações a que o escoramento estará sujeito.

A figura 13 mostra o escoramento de uma laje já posicionado. É possível ver painéis de laje já escorados e modelo de escoras.

Figura 13: Escoramento de laje com escoras.



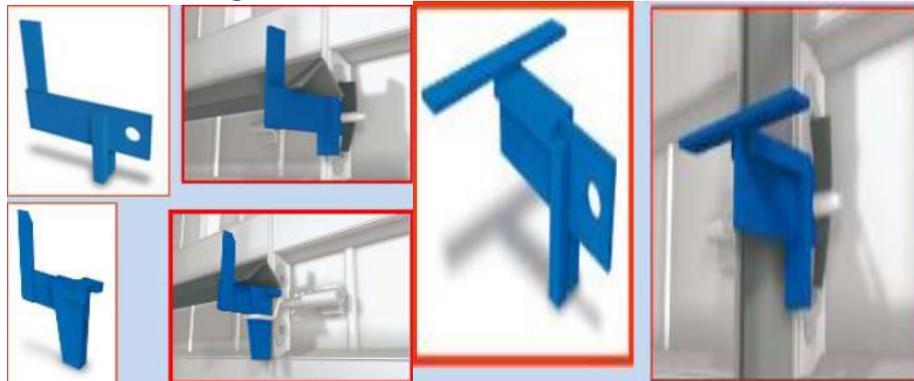
Fonte: CONSTRUTORA TENDA, 2016.

2.10.1.7 Alinhador

Segundo Missurelli (2011), os alinhadores metálicos são tubos de seções retangulares utilizados para alinhar os painéis e transferir o alinhamento para todo o conjunto montado. As mordaças fixam os alinhadores na parte estrutural dos painéis e são utilizadas na horizontal e vertical.

A figura 14 mostra alinhadores horizontais e verticais utilizados travados com cantoneiras.

Figura 14: Alinhadores horizontal e vertical.



Fonte: CONSTRUTORA TENDA, 2016.

2.10.1.8 Tensor de vãos

É o que garante o espaço perfeito no vão de janelas e portas, pois se trata de uma peça expansível, permitindo assim a distância correta de portas e janelas. Na figura 15 pode-se observar os tensores de vãos e sua utilização.

Figura 15: Tensores de vãos.



Fonte: CONSTRUTORA TENDA, 2016.

2.10.1.9 Aprumador

Segundo a SH Fôrmas Metálicas, o aprumador ajuda a deixar as paredes no prumo desejado. A figura 16 mostra um aprumador usado em fôrmas de alumínio.

Figura 16: Aprumador usado em fôrmas de alumínio



Fonte: SH FÔRMAS METÁLICAS, 2012.

2.10.1.10 Travamento das fôrmas de alumínio

Todas as peças e suas funções no sistema de fôrmas de alumínio citadas nos itens acima trabalham juntas para o travamento das fôrmas. Segundo a NBR 16055 (ABNT, 2012) é muito importante que antes que se comece a concretar, se confira todos os detalhes, como posição das fôrmas e condições do escoramento. É indicado o uso de um esquadro pré-fabricado de metal para garantir a interceptação das paredes com ângulos de 90°, conforme mostra a figura 17.

Figura 17: Esquadro de travamento.



Fonte: CONSTRUTORA TENDA, 2016.

2.11 Concretagem das paredes

A ABNT NBR 14931: 2004 – Execução de Estruturas de Concreto, Procedimento, estabelece que para a concretagem, deve ser observado todos os procedimentos relativos ao recebimento, liberação, lançamento e amostragem para controle tecnológico.

O plano de concretagem deve estabelecer a quantidade de pessoas e equipamentos necessários de modo a manter o concreto plástico até sua aplicação, além da frequência de limpeza dos equipamentos, de modo a não danificar os mesmos. Ao final do processo é necessário fazer a conferência dos serviços de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos no plano de concretagem, de modo a aferir se todos os serviços foram feitos corretamente. (ARÊAS, 2013).

2.12 Características do concreto utilizado

O concreto aplicado deve ser homogêneo, com boa coesão, habilidade passante e resistência à segregação. Para combater as tensões de retração são utilizadas fibras têxteis de polipropileno. O agregado deverá ser menor ou igual a 12,5 mm, equivalente à brita 01. Todas essas exigências têm por finalidade dar ao concreto características de auto adensável, propiciando um fino acabamento. (MAYOR, 2012).

De acordo com a ABCP (2003) é recomendável utilizar o cimento CPV-ARI em todas as aplicações que necessitem de alta resistência inicial e uma rápida desforma. Portanto é altamente recomendável que se utilize esse tipo de cimento para as paredes de concreto moldadas “*in loco*”. Segundo Arêas (2013) geralmente em obras de baixo padrão o concreto tem resistência característica não superior à 25 Mpa.

Basicamente são feitos dois ensaios na chegada do concreto à obra, o *Slump Test* e o *Slump Flow Test*, normatizados respectivamente segundo NBR NM 67 (ABNT,

1998) e a NBR 15823-1 (ABNT, 2010). Na figura 18 pode-se ver o ensaio de *Slump test*.

Figura 18: Ensaio de *Slump test*.



Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2001.

A figura 18 mostra um ensaio de *Slump Test* sendo executado em uma obra. Esse ensaio é feito para saber se a consistência do concreto ao chegar à obra é a mesma especificada em projeto. A régua vista na imagem, serve para medir o quanto o concreto abateu ao se retirar o cone, e se a altura estiver conforme especificada em projeto.

Passados todos os testes, são retirados os corpos de prova, de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2006), liberando-se então a concretagem. De acordo com a norma, alguns corpos de prova serão submetidos a testes de compressão no dia seguinte na própria obra, a fim de comprovar a resistência de desforma na idade especificada em projeto, sendo o restante dos corpos de prova enviados para laboratório para determinar a resistência do concreto, com 28 dias.

Segundo Arêas (2013) o concreto deve se manter homogêneo até o seu lançamento, devendo-se prever inclusive o percurso do caminhão que por sua vez não pode ter inclinação excessiva, de modo a evitar a segregação do concreto. As fôrmas devem ser preenchidas uniformemente, com técnicas que eliminem ou reduzam a segregação, sendo que quando a queda do concreto ultrapassar 2 m em peças estreitas deve-se aumentar os cuidados, conforme especificado na ABNT NBR 16055: 2012 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações: Requisitos e procedimentos.

A maioria das obras prediais que optam pelo sistema de parede de concreto no Brasil são de baixo padrão, sendo muito comum utilizar-se a bomba do tipo lança na

concretagem, já que as obras de baixo padrão possuem poucos pavimentos. O mangote deve ser operado com bastante destreza de modo a não danificar a amarração entre as telas das paredes e tetos, além de não prejudicar o alinhamento das fôrmas. A ABNT NBR 16055: 2012 também especifica que a concretagem seja feita de baixo para cima em estruturas inclinadas, como por exemplo nas escadas e as lajes só podem ser concretadas após a concretagem de todas as paredes. (ARÊAS, 2013).

Figura 19: Lançamento do concreto nas fôrmas.



Fonte: COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2001.

As formas das paredes são bastante estreitas necessitando de adensamento extremamente eficiente. Segundo Misurelli e Massuda (2013) o concreto autoadensável (Tipo N) ou celular (Tipo L1), que tem maior fluidez e plasticidade elimina a necessidade de vibração e a alta viscosidade do mesmo evita a segregação dos materiais, porém Arêas (2013) destaca que em algumas obras utiliza-se ainda os vibradores ainda que esteja se utilizando o concreto autoadensável, de modo a eliminar o risco de segregação.

Caso não seja utilizado o concreto autoadensável deve ser preconizado todos os procedimentos descritos na ABNT NBR 15823: 2010 de modo a garantir que todos os espaços vazios dentro da fôrma sejam preenchidos. Esta norma também frisa que não se deve tocar os vibradores nas armaduras, buscando sempre concretar a peça sem que haja falhas por aprisionamento do ar, por exemplo, devido à formação de vazios. Para atender a tais requisitos Arêas (2013) sugere que o enchimento das fôrmas se dê através de leves batidas nos painéis, com o auxílio do martelo de borracha.

Como o sistema de paredes de concreto onde se utiliza de fôrmas de plástico, madeira ou metal, é necessário aplicar o agente desmoldante adequado para cada

material, de forma a garantir a não aderência do concreto à superfície das fôrmas; não deixar restos de resíduos nas superfícies das paredes, dificultando a aderência do revestimento final; não alterar as condições físicas químicas do concreto, e não degradar as fôrmas. (ABNT 16055: 2012, p. 24).

As fôrmas só poderão ser retiradas assim que a parede atender aos requisitos de projeto, quando a resistência do concreto para aquela idade tiver sido atingida, sendo posteriormente os resíduos dos painéis removidos com as ferramentas adequadas, para não danificar as fôrmas. Outro ponto importante a ser observado é a atenção para retirada dos escoramentos que deve ser feito conforme especificações contidas no detalhamento do projeto estrutural e de fôrmas. Por fim, após a desforma, as mesmas devem passar por uma limpeza e armazenadas ou transportadas para outro local de concretagem de acordo com normatização da ABNT NBR 16055: 2012. (GÓES, 2013).

Esse tipo de sistema propicia grande redução da espessura das camadas de revestimentos, devido ao fino acabamento propiciado pelas formas metálicas. Podem ser usados variados tipos de revestimentos, desde que atendidas as especificações do fabricante dos mesmos. Porém deve-se atentar para o início dos serviços de acabamento somente após a cura úmida da parede. Após a desforma, nota-se que as paredes ficam bem niveladas e aprumadas, desde que se tenha atentado para a correta instalação das fôrmas. Porém apesar da superfície estar bem regular, é inevitável que surjam marcas das junções dos painéis e furos das ancoragens, além de pequenas bolhas de ar. (ARÊAS, 2013).

As rebarbas devem ser removidas com auxílio de uma espátula e os furos de ancoragens preenchidos com argamassa. Patologias provenientes de infiltração de ar e bolhas podem ser corrigidas através da filtragem, que por sua vez é opcional variando de acordo com o padrão ao qual a obra se enquadra. Esta operação é realizada horas após a desforma e antes do lixamento das rebarbas, este procedimento consiste basicamente em aplicar uma nata de cimento com o auxílio da desempenadeira de madeira revestida com espuma. Podem ser empregados como materiais de acabamento a massa corrida, revestimentos cerâmicos, texturas

e argamassas industrializadas, sendo que no último caso não é necessário realizar a filtragem, aplicando o produto diretamente sobre a parede. (ARÊAS, 2013).

2.13 Desempenho das paredes de concreto armado

A norma que especifica os requisitos e procedimentos para parede de concreto moldada no local, a ABNT NBR 16055: 2012, não determina nenhum uso de materiais para tratamento térmico e acústico das paredes de concreto, sendo que estes desempenhos são adquiridos através do tipo de concreto. Os concretos convencional e o autoadensável não apresentam boas características quanto ao desempenho térmico e acústico, necessitando, portanto de um tratamento que melhore tais propriedades. (CAVALCANTI, 2006).

Os impactos ambientais são decorrentes principalmente da exploração dos bens minerais, como escavações e modificações da paisagem em geral, através de vibração do terreno, emissão de gases, poeira, ruídos, afetando a água, o solo, o ar e a população local. Sabe-se que o concreto é produzido por bens minerais que não são renováveis podendo, portanto, um dia serem escassos, apesar de hoje ainda existirem em abundância. O processo de construção de paredes de concreto moldadas *in loco* utiliza estes bens naturais com uma velocidade cada vez maior devido a racionalização do processo, de modo a tentar suprir o *déficit* habitacional. (BACCI, 2006).

Os processos construtivos através de paredes de concreto moldadas *in loco* têm um caráter de racionalização, o que potencializa a produtividade da obra, porém existem algumas variáveis que devemos levar em conta ao mensurar o tamanho desse ganho, dentre as quais se destacam a tipologia da obra, o projeto de fôrmas, o projeto das armaduras, as instalações, os processos e treinamentos aplicados. O dimensionamento das equipes de trabalho, seja de montadores, armadores ou instaladores tende a variar conforme o grau de complexidade do projeto, sendo que é essencial que haja pelo menos um líder que terá a função de nortear as tarefas, delegando as funções e motivando a equipe. (ARÊAS, 2013).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o sistema construtivo paredes de concreto moldadas *in loco*, iniciando-se com o histórico do concreto armado, seguindo-se do surgimento do sistema construtivo de paredes de concreto, explicando-se as sequências de execução e apresentando estudo sobre a fundação utilizada para este método construtivo, bem como armaduras, instalações prediais, fôrma e modulação do sistema. O estudo bibliográfico foi realizado em livros, revistas, normas técnicas e com o auxílio da internet.

Também foi realizado um estudo de campo onde foram observadas as fases de uma obra de paredes de concreto moldadas *in loco*. Essa obra foi escolhida devido a fácil acessibilidade de informação, visto que o autor deste estudo trabalha na empresa que está realizando-a.

4 ESTUDO DE CAMPO

O estudo de campo em uma obra da Construtora Tenda localizada no bairro São Gabriel, em Belo Horizonte. A obra possui 180 unidades, divididas em 9 torres, com 5 pavimentos cada e está inserida no programa do Governo Federal Minha Casa Minha Vida, na faixa 2.

Figura 20: Projeto de implantação de 9 torres da obra em estudo no terreno.



Fonte: Imagem obtida em projeto de logística pelo autor, 2016.

4.1 Procedimentos de execução de uma obra de parede de concreto

O início de uma obra de parede de concreto, em termos de terraplenagem, não é diferente de qualquer outra obra, sendo necessário sempre uma sondagem do terreno, que definirá o tipo de fundação adequada.

Segundo Bastos (2012), no método construtivo em questão pode ser usado qualquer tipo de fundação, porém as mais recomendadas são os *radiers* e *sapatas*, os *radiers* são preferencialmente os mais usados por terem a superfície nivelada, e com isso já estarem preparados para o recebimento das fôrmas.

A fundação definida para a obra analisada, foi *radier* estaqueado com estacas de cerca de 12m de profundidade, isso devido após sondagem ser detectador quantidade excessiva de entulho e materiais que prejudicaram a resistência e coesão do solo.

Figura 21: *Radier* geminado das torres 3 e 4.



Fonte: Fotografia obtida pelo autor, 2016.

A figura 21 apresenta um *radier* geminado, ou seja, que contem 2 torres em 1 *radier*. No *radier* da imagem em questão, são as torres 3 e 4 do empreendimento, do lado direito da imagem podemos notar a preparação do terreno com lona para receber as telas do *radier* das torres 1 e 2.

Após a fundação, foi chamado o topógrafo na obra para marcar os eixos do *radier*, e dar início a marcação das paredes com linha xadrez, delimitando as paredes e cômodos dos apartamentos. A marcação é feita pelos armadores que já iniciam de imediato a fixação dos arranques das paredes, através de cola química.

Na figura 22 é mostrado um armador fixando os arranques, fazendo a marcação das paredes (marcadas de vermelho no *radier*), e também pode-se verificar os espaçadores “bolachas” já fixados entre as linhas, e que garantem o recobrimento das telas.

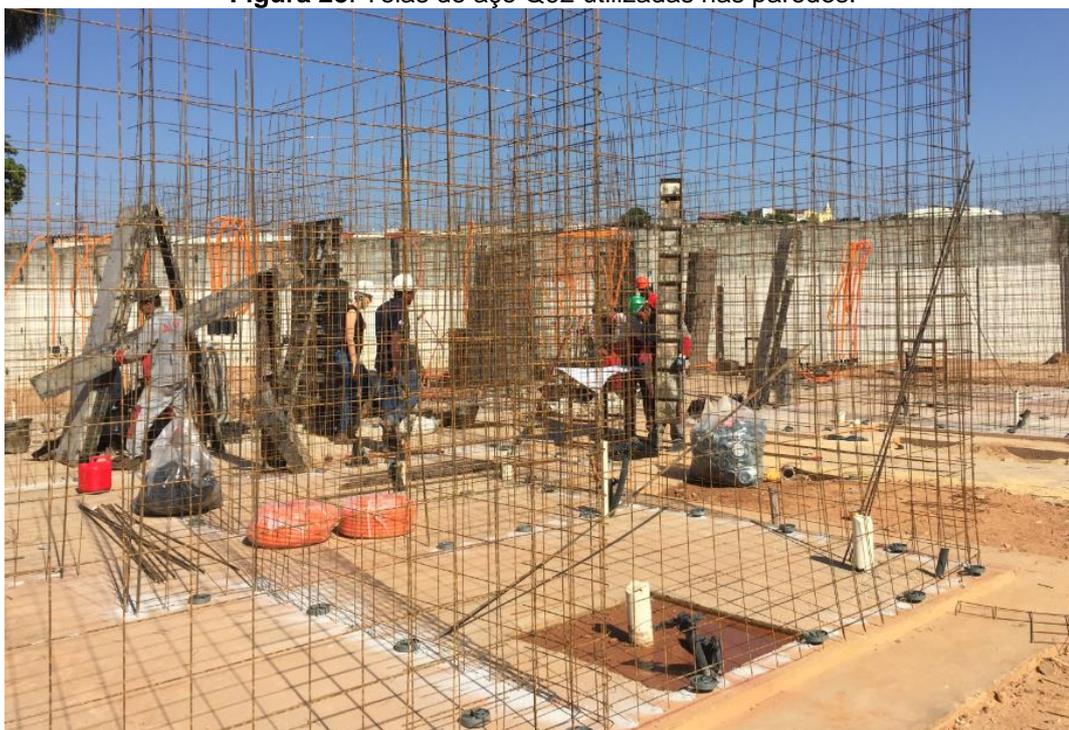
Figura 22: Marcação das paredes, fixação dos arranques e os espaçadores “bolacha”.



Fonte: Fotografia obtida pelo autor, 2016.

Finalizada a marcação das paredes e subida dos arranques, inicia-se a montagem das telas de aço. Na obra em questão, foram utilizadas telas soldadas da Gerdau. Para as paredes foram especificadas Telas Nervuradas Q92, e para as lajes dos pavimentos tipo Telas Nervuradas Q138. De acordo com Misurelli (2013) são utilizadas armaduras de tela soldadas posicionadas verticalmente, para resistir a esforços de flexo-torção e controlar a retração do concreto. Conforme o autor supracitado, em paredes de até 15 cm pode ser utilizada armadura centrada, acima disso ou em paredes que sofrem momentos, as armaduras devem ser compostas por duas telas. Em alguns pontos como vãos de portas, janelas são utilizados reforços de telas ou barras de armadura convencional.

Figura 23: Telas de aço Q92 utilizadas nas paredes.

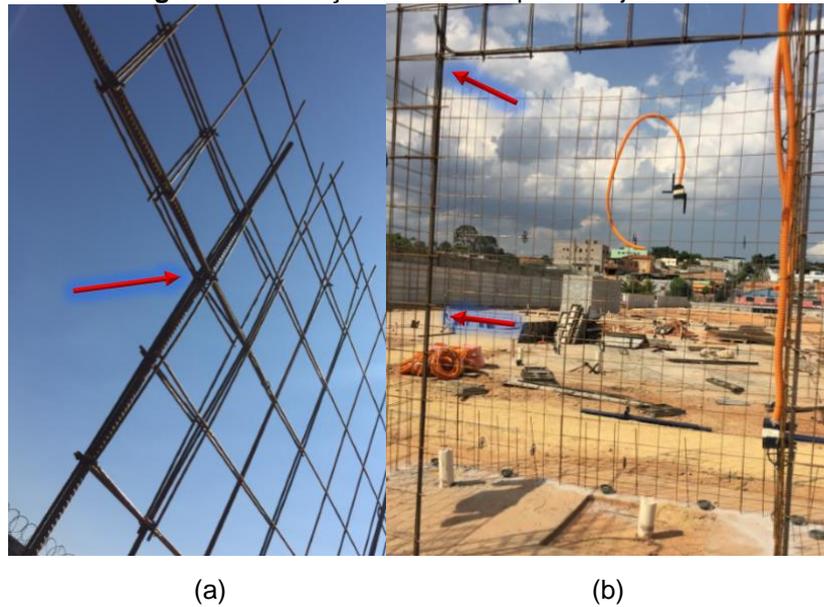


Fonte: Fotografia obtida pelo autor, 2016.

Na figura 23 tem-se as telas das paredes já fixadas nos arranques e o processo de instalações elétricas já se iniciando.

Na figura 24 podemos verificar alguns reforços de vãos de portas e janelas. Os reforços de vãos são feitos com barras de 10 mm e recortes de telas Q92, e são executados para evitar fissuras e trincas diagonais.

Figura 24: Reforços de vãos de portas e janelas.



Fonte: Fotografia obtida pelo autor, 2016.

Após o término da execução das telas de aço inicia-se a instalação elétrica. Nas instalações elétricas, todas as caixas de passagem, quadros elétricos e eletrodutos devem ser embutidos nas paredes, por isso devem ser passados antes da concretagem (Figuras 25 e 26).

Figura 25: Execução da instalação de caixas de passagem nas telas.



Fonte: Fotografia obtida pelo autor, 2016.

Figura 26: Eletrodutos e QDC's instalados.



Fonte: Fotografia obtida pelo autor, 2016.

Parte da instalação elétrica é passada pela laje superior, devido a isso, só pode ser executado após o fechamento dos painéis de fôrma.

Figura 27: Instalações elétricas sendo passadas pela laje.



Fonte: Fotografia obtida pelo autor, 2016.

Na figura 27 pode-se verificar vários eletricitas passando as instalações pela laje.

Após a execução de elétrica, inicia-se a montagem das fôrmas. Segundo a ABNT 16055 – item 18.2.1(ABNT, 2012), a fôrma tem como objetivo moldar o concreto fresco e é composta de estruturas provisórias. É compreendido por painéis de fôrmas, escoramento, cimbramento, aprumadores e andaimes, incluindo seus apoios, bem como as uniões entre os diversos elementos. Nesse trabalho foi

evidenciado o uso de fôrmas de alumínio no processo construtivo de parede de concreto. As fôrmas de alumínio são leves, duráveis, de fácil alinhamento e prumo, possuem bom acabamento superficial, rapidez na montagem de painéis e boa estanqueidade. (FARIA, 2009).

O peso dos painéis é de aproximadamente 18 kg/m^2 , possibilitando assim, que pessoas os carreguem com uma certa facilidade. A empresa optou pelo uso de fôrmas de alumínio, pela capacidade de reaproveitamento do material, cerca de 1500 vezes.

Figura 28: Montagem das formas dos primeiros apartamentos.



Fonte: Fotografia obtida pelo autor, 2016.

Na figura 28 são mostrados as montagens dos painéis de apartamentos do térreo da torre 7. Podemos notar algumas placas com dimensões diversas, característica marcante de um sistema modular.

Figura 29: Mecanismos de travamento - cunhas, pinos e extensor de vãos.



Fonte: Fotografia obtida pelo autor, 2016.

A figura 29 exemplifica alguns travamentos importantes das fôrmas de alumínio, como o tensor de vãos, componente que garante a medida dos vãos de portas. Vemos também pinos e cunhas, que proporcionam o travamento das placas umas nas outras.

Figura 30: Escoras das lajes e alinhadores de parede já travados



Fonte: Fotografia obtida pelo autor, 2016

Na figura 30 podemos observar escoras de travamento das peças da laje, que garantem o devido nivelamento da laje superior, e vemos também alguns

alinhadores horizontais feitos com cantoneiras. Conforme dito, os alinhadores são importantes para garantir o alinhamento das paredes.

Figura 31: Fôrmas de um apartamento escoradas.



Fonte: Fotografia obtida pelo autor, 2016.

Na figura 31 podemos notar uma sala de um apartamento térreo completamente “fechada”, com todas suas peças travadas e prontas para a concretagem.

Figura 32: Laje pronta para receber as instalações elétricas.



Fonte: Fotografia obtida pelo autor, 2016.

Na figura 32 podemos notar uma laje pronta para concretagem, com a tela positiva amarrada e com as “franjas” da tela que servem de esperas das paredes do próximo pavimento já prontas.

Ao finalizar a montagem das fôrmas, inicia-se a concretagem, segundo a ABNT NBR 14931: 2004 – Execução de Estruturas de Concreto, estabelece que para a

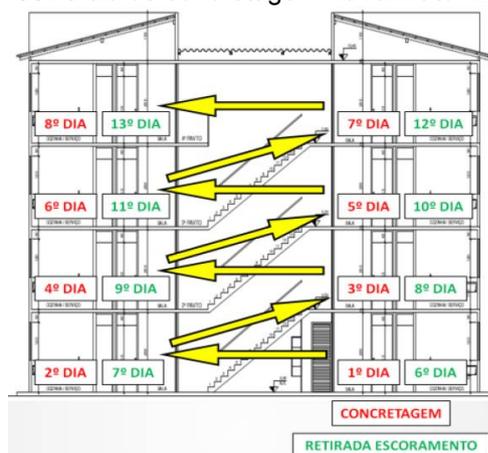
concretagem deve ser observado todos os procedimentos relativos ao recebimento, liberação, lançamento e amostragem para controle tecnológico. No processo construtivo de paredes de concreto, as principais características do concreto, segundo Mayor (2012) o concreto deve ter boa coesão e ser homogêneo. De acordo com a ABCP (2003), é recomendável utilizar o cimento CPV-ARI em todas as aplicações que necessitem de alta resistência inicial e uma rápida desforma. Portanto é altamente recomendável que se utilize este tipo de cimento para as paredes de concreto moldadas *in loco*, para que seja agilizada a desforma.

O concreto utilizado nessa obra foi o autoadensável devido a sua fluidez, que garante o preenchimento de toda a fôrma, sem ser necessária a vibração.

Uma característica própria do concreto utilizado nesta obra, é que após 14 horas, ele já adquire resistência de 3,0 Mpa, já podendo assim ser desformado, liberando a equipe para iniciar uma nova montagem.

A metodologia de concretagem da obra ocorreu na forma “Zig-Zag”, onde inicia-se a concretagem de um lado do radier, e enquanto o concreto adquire a resistência, é executada a montagem das fôrmas do outro lado, com isso, após a segunda concretagem, o concreto já curou tempo suficiente para o início de mais um pavimento.

Figura 33: Ciclo de concretagem no formato “Zig-Zag”.



Fonte: Direcional Engenharia, 2014.

A figura 33 mostra o ciclo de concretagem e retirada dos escoramentos no sistema de paredes de concreto. Pode-se observar na imagem que após a concretagem do

segundo lado do térreo, já se pode subir para o 2º pavimento, e no 6º dia já foram retiradas as escoras do primeiro pavimento. Pode-se também observar a velocidade de execução desse método construtivo, quando em menos de 10 dias já se tem um prédio de 4 pavimentos todo concretado.

Finalizada a concretagem das paredes e lajes, inicia-se a desforma e em seguida o estucamento e regularização da estrutura, que consiste em preencher os buracos e imperfeições das paredes com argamassa ou dependendo da gravidade, com graute. Outra característica desse processo, é que as paredes não precisam de reboco para acabamento, o acabamento externo é feito apenas com um selador acrílico e textura rolada, já o interno é passado um selador acrílico, depois uma massa corrida e então já é rolada a pintura a base d'água.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente demanda por moradias em nosso país faz com que o setor da construção civil busque processos construtivos cada vez mais racionalizados. Em 2001, com o surgimento do plano do Governo Federal “Minha Casa, Minha Vida”, o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* passou a ganhar destaque dentro do mesmo, devido à velocidade de execução e consequente redução do tempo da obra.

Salientou-se que em 2012 foi criada uma norma nacional específica para delinear os requisitos e procedimento relativos à execução deste método construtivo, que é a NBR 16055, que por sua vez, proporcionou maior segurança e qualidade na execução das obras. O passo a passo executivo resume-se à execução da fundação que na maioria das vezes é feita com *radier*, à marcação das paredes, execução das malhas de aço, instalações elétricas e hidráulicas, instalação das fôrmas, concretagem, desforma e acabamentos em geral.

Um componente muito importante nesse sistema são as fôrmas. No Brasil são utilizadas principalmente as fôrmas plásticas, as de metal com compensado de madeira e as de alumínio, sendo que esta última foi tratada mais detalhadamente neste trabalho, por ter sido utilizada na obra apresentada. As fôrmas de alumínio trabalham em conjunto com outras peças de modo a propiciar um perfeito encaixe, alinhamento, travamento e aprumamento. Constatou-se que as fôrmas de alumínio apresentam como vantagens sua leveza, durabilidade, facilidade de alinhamento e prumo, bom acabamento superficial, rapidez na montagem dos painéis e boa estanqueidade. Em contrapartida, como desvantagens, evidenciou-se o alto custo das fôrmas de alumínio, a pouca disponibilidade de fôrmas e empresas que fornecem esse material, além da necessidade de mão de obra especializada.

Com relação às instalações das tubulações, pode-se dizer que a correta disposição das mesmas dentro da estrutura é o ponto fundamental, sendo muito importante que os projetos elétricos e hidráulicos sejam elaborados de forma conjunta com todos os projetistas envolvidos, de modo a compatibilizar a passagem de tubulações elétricas e hidráulicas, evitando problemas estruturais no futuro. É importante também que os

materiais utilizados sejam de boa qualidade, de modo a suportar a carga proveniente da estrutura, além de ter boa capacidade de estanqueidade.

Através da análise da execução de uma obra desde a fundação até o acabamento, aferiu-se que o sistema construtivo parede de concreto moldada *in loco* é bastante prático, porém é preciso se ter um profundo conhecimento do processo para o sucesso de seu emprego e requer um alto valor de investimento para aquisição das fôrmas, principalmente as de alumínio.

O sistema de parede de concreto analisado, permite que uma torre seja concretada em menos de 10 dias, propiciando um ganho imenso de tempo na execução da obra. Outro fator importante relatado é a qualidade do concreto, que deve adquirir a resistência necessária muito rápido, além de ser fluído. Constatou-se que a mão de obra necessária pode variar conforme a obra, e que deve haver um treinamento para as equipes de trabalho antes de iniciar a construção.

O desenvolvimento de técnicas construtivas que possibilitem a melhoria da qualidade e produtividade nos canteiros de obras são muito importantes, nesse contexto as paredes de concreto moldadas *in loco*, destacam-se principalmente pela rapidez de execução quando comparada com métodos convencionais. Apesar de o investimento inicial ser alto, esse sistema mostra-se bastante lucrativo ao longo do tempo, fato que tem levado a sua larga utilização, inclusive em obras de baixo padrão.

REFERÊNCIAS

ARÊAS, Pedro Assunção. **Paredes de concreto**: Normatização do Processo Construtivo. Belo Horizonte, disponível em Biblioteca Padre Alberto Antoniazzi, PUC Minas, 2013. 75 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Parede de concreto - Coletânea de ativos 2007/2008**. São Paulo, 2007. 112p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Parede de concreto - Coletânea de ativos 2008/2009**. São Paulo, 2008. 145p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Parede de concreto - Coletânea de ativos 2009/2010**. São Paulo, 2009. 98p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 67: 1998**. Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118: 2003**. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003. 221p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7212: 2012**. Execução de concreto dosado em central – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012. 16p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12655: 2006**. Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006. 18p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14931: 2004**. Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 53p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15823-1: 2010**. Concreto auto-adensável. Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco. Rio de Janeiro, 2010. 11p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15873: 2010**. Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010. 15p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16055: 2012**. Parede de concreto moldada no local para a construção de edificação – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012. 35p.

BACCI, D. C; LANDIM, P. M. B.; ESTON, S. M. Aspectos principais e impactos de pedreira em área urbana. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 1, n.59, p. 47 - 54, jan./mar. 2006.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**: Notas de aula. Disponível em:

<<http://coral.ufsm.br/decc/ecc1006/downloads/fundamentos.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2016.

_____. **Histórico e principais elementos estruturais de concreto armado:** Notas de aula. FEB - UNESP, Bauru / SP, 2006. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/TB798_Estruturas%20de%20Concreto%20I/HIS T.pdf>. Acesso em: 15 set. 2016.

_____. **Sapatas de fundação, 2012.** Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2012.

CAVALCANTI, Diogo J. de Holanda. **Contribuição ao estudo de propriedades do concreto autoadensável visando sua aplicação em elementos estruturais.** 2006. Universidade Federal do Alagoas. Disponível em: <http://www.ctec.ufal.br/posgraduacao/ppgec/dissertacoes_arquivos/Dissertacoes/Diogo%20Jatoba%20de%20Holanda%20Cavalcanti.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2016.

CHING, F.D.K. **Arquitetura: Forma, Espaço e Ordem.** México: Editora GG., 1998.

CLUBE DO CONCRETO. **Concreto e pré-fabricados de concretos.** Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/07/paredes-de-concreto-passo-passo.html>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

COLETÂNEA DE ATIVOS. **Parede de Concreto.** 2007. Disponível em: <http://abesc.org.br/3C539AF0-86E1-4B26-A7C3-A39CABD36D6F/FinalDownload/DownloadId-0B66A633EB359932418AD99E78AAD19A/3C539AF0-86E1-4B26-A7C3-A39CABD36D6F/pdf/coletanea_ativos.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2016.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Sistema construtivo em paredes de concreto.** Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/26/anexo/projetow.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2016.

CORSINI, Rodnei. **Paredes Normatizadas.** 2012. Disponível em: <<http://www.abesc.org.br/assets/files/TECHNE-Artigo%20Paredes.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2016.

COSTA, Lucio. **Projeto arquitetônico.** Comunidade da construção, 2012. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/projeto-arquitetonico/projeto/23/projeto-arquitetonico.html>>. Acesso em: 08 out. 2016.

EQUIPE DE OBRA. **Planejamento.** 2012. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/47/economia-concreta-ao-optimar-por-paredes-de-concreto-em-257752-1.aspx>>. Acesso em 20 nov. 2016.

EUROBRÁS. **Benefícios da Construção Modular.** Disponível em: <<http://www.eurobras.com.br/2016/04/26/beneficios-da-construcao-modular/>>. Acesso em 20 dez. 2016.

FARIA, Renato. **Paredes maciças.** 2009. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/143/artigo286570-1.aspx>>. Acesso em 04 nov. 2016.

FEITOSA, Leonardo Rocha Lima. **Radier protendido.** 2012. Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/185/radier-protendido-285959-1.aspx>>. Acesso em 28 out. 2016.

FONSECA JR, ARY. **Parede de concreto:** Coletânea de ativos, 2009/2010. São Paulo: Poli-USP, 63p.

_____. **Produtos e serviços de suporte à parede de concreto.** 2012. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/produtos-e-servicos-de-suporte-a-parede-de-concreto>>. Acesso em: 05 set. 2016.

FRANCO, Moreira. O Deficit Habitacional. **CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção.** Brasília: Edição 269. 2012. Disponível em: <<https://cbic.org.br/sala-de-imprensa/noticia/moreira-franco-o-deficit-habitacional>>. Acesso em 30 Jan. 2017.

GIONGO. **Concreto armado:** projeto estrutural de edifícios. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.gdace.uem.br/romel/MDidatico/EstruturasConcretoll/ProjetoEstruturaldeEdificios-J.%20S.Gingo-EESC-Turma2-2007.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2016.

GÓES, Bruno Pereira. **Paredes De Concreto Moldadas “In Loco”:** Estudo do Sistema Adotado em Habitações Populares. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008999.pdf> >. Acesso em: 28 jan. 2017.

GREVEN, Hélio Adão; BALDAUF, Alexandra Staudt. Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada. **ANTAC.** Porto Alegre, 2007. Coleção Habitare, volume 9, p. 72.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=20656>. Acesso em: 05 set. 2016.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias.** São Paulo: Pini, 2001.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2011. 7. ed.

MAYOR, Arcindo Vaquero. **O Concreto e o Sistema de Parede de Concreto.** 2012. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/2012/10> >. Acesso em 13 de fev. 2017.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. **Paredes de Concreto.** 2013. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/147/paredes-de-concreto-285766-1.aspx>>. Acesso em 02 nov. 2016.

MISSURELLI, Hugo. Paredes de concreto. **REVISTA TÉCNICA**. 2009. Disponível em: <http://www.engemix.com.br/cserie/attach/manual/revista_techne.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.

NUCLEO PAREDE DE CONCRETO. **Parede de concreto moldada no local**. 2013. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/artigos/nbr16055-parede-de-concreto-moldada-no-local-para-a-construcao-de-edificacoes-requisitos-e-procedimentos>>. Acesso em: 29 set. 2016.

PIMENTA, Márcio. **Industrialização da construção civil para o segmento econômico**. 2010. Disponível em <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/noticias/44/industrializacao-da-construcao-civil-para-o-segmen-to-economico.html>>. Acesso em 15 dez. de 2016.
REVISTA TÉCNICA. **Paredes normatizadas**. 2012. Disponível em: <http://www.engemix.com.br/cserie/attach/manual/revista_techne.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.

REVISTA TÉCNICA. **Radier protendido**. 2012 Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/185/radier-protendido-285959-1.aspx>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

RIVERS, Chico. **Alvenaria Estrutural**. 2010. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/vantagens/viabilidade/3/vantagens.html>>. Acesso em 30 jan. 2017.

ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: FAUUSP, 1976.

SALGADO, Julio. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. São Paulo: Érica, 2011.

SANTOS, L.M. **Cálculo de Concreto Armado**. São Paulo: Ed. LMS. 1983, v.I, 541p.

SOUZA, Junior T. F. **Estruturas de Concreto Armado**. Universidade Federal de Lavras. Disponível em: <<http://www.dea.uem.br/disciplinas/concreto/CAP1-2CA.pdf>>. Acesso em: 23 dez. 2016.

VIERA, G. **Industrialização da construção civil para o segmento econômico**. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/noticias/44/industrializacao-da-construcao-civil-para-o-segmen-to-economico.html>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

WENDLER, Arnaldo. **Paredes de concreto: Cálculo para construções econômicas**. 2012. Disponível em: <<http://site.abece.com.br/download/pdf/Eventos-Palestra-Wendler.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2016.

_____. **Núcleo parede de concreto: Interferências de sistemas com as paredes de concreto**. 2013. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/interferencias-de-sistemas-com-as-paredes-de-concreto>>. Acesso em: 08 out. 2016.

_____. **Núcleo parede de concreto:** Parede de concreto moldada no local. 2013. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/artigos/nbr16055-parede-de-concreto-moldada-no-local-para-a-construcao-de-edificacoes-requisitos-e-procedimentos>>. Acesso em: 08 out. 2016.