

RODRIGO HORTA MAGNO BAPTISTA

PROJETO INTEGRADO II

**ANÁLISE DO PROCESSO DE EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES COMPOSTAS
POR PAREDES DE CONCRETO EXECUTADAS “IN LOCO”**

Orientador: Prof. Dr. José Bento Ferreira

**Guaratinguetá
2011**

RODRIGO HORTA MAGNO BAPTISTA

**ANÁLISE DO PROCESSO DE EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES
COMPOSTAS POR PAREDES DE CONCRETO EXECUTADAS “IN
LOCO”**

Trabalho de Graduação
apresentado ao Conselho de
Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Faculdade de
Engenharia do Campus de
Guaratinguetá, Universidade
Estadual Paulista, como parte dos
requisitos para obtenção do
diploma de Graduação em
Engenharia Civil.

Orientadores: Prof. Dr. José Bento Ferreira

Guaratinguetá

2011

Baptista, Rodrigo Horta Magno
B222 Análise do processo de execução de edificações compostas por paredes
a de concreto executadas "in loco" - Rodrigo Horta Magno Baptista –
Guaratinguetá : [s.n], 2011.
62 f. : il.

Bibliografia : f. 61-62

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.

Orientador: Prof. Dr. José Bento Ferreira

1. Edificações 2. Alvenaria I. Título

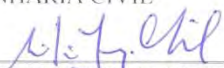
CDU 69.053

**ANÁLISE DO PROCESSO DE EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES COMPOSTAS
POR PAREDES DE CONCRETO EXECUTAS "IN LOCO"**

RODRIGO HORTA MAGNO BAPTISTA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof. Dr. SILVÍO JORGE COELHO SIMÕES

Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. JOSÉ BENTO FERREIRA
Orientador / UNESP-FEG


Prof. Dr. JUÉRCIO TAVARES DE MATTOSE
UNESP-FEG


Prof. CLEITON MANFREDINI
UNESP-FEG

Novembro de 2011

Dedico esse trabalho aos meus familiares que me deram apoio na caminhada acadêmica, de modo especial para minha mãe, Christina Horta, que sempre valorizou meus estudos e os colocou em primeiro lugar e ao meu filho Ryan Horta que foi minha inspiração e força para chegar até o fim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS por estar sempre ao meu lado e me guiar nas minhas decisões, colocando pessoas queridas no meu caminho que com certeza fizeram a diferença ao decorrer da minha vida.

A minha mãe, Christina Aparecida Rodrigues Horta, por me incentivar e me patrocinar durante todos esses anos letivos onde não tive condições financeiras de me sustentar sozinho.

A minha namorada e futura esposa Julia Brandão, que sempre com seu discernimento espetacular e paciência, entendeu que nosso pouco tempo junto tinha um objetivo maior.

Ao meu filho Ryan Lourenço Horta Baptista, que mesmo na sua inocência, teve uma grande participação na conclusão deste objetivo, pois foi por ele que me dediquei mais e mais quando já não tinha mais forças.

Aos meus avós Tereza, falecido Ayrton e Almerinda que sempre me incentivaram e se interessaram pela minha vida acadêmica.

Aos meus amigos de infância que sempre me apoiaram e me incentivaram em momentos muito difíceis da minha vida pessoal.

Ao meu professor e orientador Dr. José Bento Ferreira, que mesmo com o horário apertado, se mostrou atencioso diante do possível.

Aos meus colegas de classe e professores que fizeram parte da minha vida na universidade durante esses anos de estudo.

“E todo aquele que vive e crê em mim, jamais
morrerá, Crês nisto?”

(Jo 11,26)

BAPTISTA, R. H. M. Análise do Processo de Execução de Edificações Compostas por Paredes de Concreto Executas “In Loco”. 2011. Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

RESUMO

Este trabalho aborda um sistema rápido, fácil, planejado e padronizado de se construir residências familiares a fim de colaborar com a diminuição do déficit habitacional e atender famílias que desejam investir em construções próprias, já que nosso país passa por um bom momento econômico.

Esse sistema vem sendo muito utilizado atualmente, pois está sendo implantado em grande escala e de maneira padronizada, reduzindo resíduos além de diminuir muito o tempo de construção da obra.

A parede de concreto moldada “in loco” depende de processos únicos. Para tanto, uma equipe devidamente treinada é fundamental para que os processos de implementação do projeto possam ser realizados de maneira ágil, superando assim outros métodos de construção.

Este projeto abordará todos os materiais empregados na execução das paredes de concreto moldadas “in loco”, sua sequência de montagem, aplicação, tipos, características e desempenho e no fim um método de rastreabilidade do concreto utilizado por um grupo de construtoras.

Ainda não existe uma Norma Brasileira específica para esse tipo de construção, mas ela está em estudo e em breve será lançada, portanto os estudos realizados para a execução deste trabalho foram feitos com base em Normas Brasileiras vigentes no momento, artigos de revistas de construção e livros que abordam métodos construtivos mais comuns.

PALAVRAS-CHAVE: Parede de concreto, “in loco”, construção rápida.

BAPTISTA, R. H. M. Análise do Processo de Execução de Edificações Compostas por Paredes de Concreto Executas “In Loco”. 2011. Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

ABSTRACT

This work presents a fast, easy, standardized and planned method to build family homes in order to collaborate with the decline of housing deficit and, at the same time, meet families who wish to invest in building their own houses, once that our country is experiencing an economical prosperity .

This method has been widely used nowadays because it is being deployed in large-scale and in a standardized pattern, reducing decreasing significantly the construction time.

The concrete wall, shaped "in loco" depends on unique processes. For this reason, a well trained staff is required so the constructive process can be executed in a fast pace, showing better results than other construction methods.

This project will address all the materials used to build the molded concrete walls "in loco", their sequence assembly, application, types, characteristics and performances. At the end, a way used by building companies of locating the concrete will also be given.

Although there is no specific Brazilian norm for this type of construction, a study on this topic will soon be released. Therefore, the studies for the execution of this project were based on Brazilian standards prevailing at the time, construction magazines and books that are based on building methods considered more common.

KEY WORDS: concrete wall, “in loco”, fast construction.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Parede de concreto moldada “in loco”	18
FIGURA 2 – Elementos amarrados à armadura antes do fechamento das fôrmas	19
FIGURA 3 – Painéis com perfis de alumínio	24
FIGURA 4 – Painéis de Madeira	25
FIGURA 5 – Nivelamento de laje	27
FIGURA 6 – Montagem das armaduras e eletrodutos	27
FIGURA 7 – Montagem dos painéis internos (fôrmas de alumínio)	28
FIGURA 8 – Montagem pareada	28
FIGURA 9 – Montagem dos painéis externos	29
FIGURA 10 – Colocação de grampos de fixação entre os painéis	29
FIGURA 11 – Travamento das fôrmas de parede	30
FIGURA 12 – Escoramento dos painéis de laje	30
FIGURA 13 – Elementos da tela soldável	32
FIGURA 14 – Tela de aço CA-60	33
FIGURA 15 – Tela de aço CA-50	33
FIGURA 16 – Tela sob projeto	33
FIGURA 17 – Armadura principal (fio principal)	35
FIGURA 18 – Armadura secundária (fio de distribuição)	35
FIGURA 19 – Tampa da caixinha de energia	38
FIGURA 20 – Tampa da caixinha de energia fixadas as telas	38
FIGURA 21 – Tubulação hidráulica	39

FIGURA 22 – Tubulação hidráulica	40
FIGURA 23 – Slump test	42
FIGURA 24 – Medição de fluidez do concreto	42
FIGURA 25 – Adensamento de concreto com vibrador de mangote	44
FIGURA 26 – Espuma líquida especial	46
FIGURA 27 – Espuma líquida especial	46
FIGURA 28 – Distribuição horizontal de aberturas	54
FIGURA 29 – Armaduras de reforço em aberturas	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Vantagens técnicas da tela soldada em relação ao vergalho	31
TABELA 2 – Pannel aço CA-60	36
TABELA 3 – Pannel aço CA-50	36
TABELA 4 – Valores recomendados para o ensaio de abatimento do tronco de cone	41
TABELA 5 - Classes de concreto recomendada	50
TABELA 6 - Rastreabilidade do sistema Parede de Concreto (roteiro – Construtora)	57
TABELA 7 - Rastreabilidade do sistema Parede de Concreto (roteiro – Obra)	58
TABELA 8 - Rastreabilidade do sistema Parede de Concreto (roteiro – Coleta de dados)	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO	15
3 METODOLOGIA	15
4 DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO	16
4.1 Normas	16
5 PAREDE DE CONCRETO	17
5.1 Parede moldada in-loco	17
5.2 Parede pré-fabricada	19
5.2.1 Manuseio	20
5.2.2 Armanezamento	20
5.2.3 Transporte	20
6 MATERIAIS EMPREGADOS	21
6.1 Sistemas de fôrmas	21
6.1.1 Análises técnicas	21
6.1.2 Análises econômicas	22
6.1.3 Escoramento	22
6.1.4 Fôrmas de alumínio	23
6.1.5 Fôrmas de madeira	24
6.1.6 Fôrmas mistas	25
6.1.7 Fôrmas plásticas	25
6.1.8 Fôrmas de papelão	26
6.1.9 Sequência de montagem	26

6.2 Tela soldada	30
6.2.1 ABNT para telas soldadas	32
6.2.2 Elementos da tela	32
6.2.3 Designação	33
6.2.4 Tipos de tela	34
6.2.5 Ancoragem	34
6.2.6 Emenda	34
6.2.7 Estocagem	36
6.2.8 Tabelas para estruturas de concreto	36
6.3 Instalação hidráulica e elétrica	37
6.4 Concreto	40
6.4.1 Aplicação	43
6.4.2 Lançamento	43
6.4.3 Tipos de concretos utilizados	44
6.4.3.1 Concreto celular	44
6.4.3.2 Concreto com elevado teor de ar incorporado	47
6.4.3.3 Concreto leve	47
6.4.3.4 Concreto auto-adensável	48
6.4.4 Classes do concreto recomendadas.....	49
6.4.5 Desempenho do concreto	50
6.5 Aditivos	50
6.5.1 Aditivos plastificantes	52
6.5.2 Aditivos superplastificantes	52

7 AÇÕES	53
7.1 Generalidades	53
7.2 Esforços solicitantes	53
7.3 Cargas verticais	53
7.4 Cargas horizontais	55
8 RASTREABILIDADE	56
8.1 Rastreabilidade do concreto	56
9 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1 INTRODUÇÃO

Atualmente é possível construir com qualidade, segurança e rapidez, através de sistemas construtivos alternativos e eficazes.

Com o decorrer dos tempos e a necessidade do cidadão brasileiro em adquirir sua casa própria, foram surgindo no Brasil sistemas mais econômicos de se alcançar um sonho construtivo, através de métodos onde se substituíam a alvenaria utilizada por uma outra mais econômica, fundações únicas, painéis pré moldados entre outros. E como a demanda para obtenção da casa própria é muito grande, já não basta mais um empreendimento ser apenas econômico, ele tem que ser econômico e rápido.

O sistema construtivo de paredes de concreto moldadas “in loco” tem demonstrado resultados positivos quanto a economia, tempo de obra e diminuição de resíduos, este último muito abordado e fiscalizado atualmente.

O sistema em estudo tem sido útil nos tempos de hoje pois está havendo investimento das empresas em mão de obra treinada e equipamentos necessários para uma produção padronizada e de grande escala, resultando em respostas mais imediatas ao cliente.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

O sistema será apresentado através das características dos materiais empregados, métodos de aplicação, tipos de materiais, sequência de montagem e desmontagem afim de colaborar e instruir pessoas interessadas no assunto.

2.2 Objetivo específico

Apresentar um sistema construtivo rápido, econômico e de qualidade.

3. METODOLOGIA

As pesquisas para elaborar os tópicos mais específicos sobre o sistema de paredes de concreto moldadas in loco foram realizadas em artigos de revistas voltadas para o ramo da construção civil moderna, sites de empresas responsáveis pela locação do sistemas de fôrmas e site do IBTS (Instituto Brasileiro de Telas Soldáveis).

As informações sobre materiais mais facilmente encontrados na construção civil brasileira e métodos já aplicados anteriormente foram retiradas de livros da biblioteca da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá e ABNT's vigentes no ano de execução do trabalho.

4 DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO DE ESTRUTURAS DE PAREDES DE CONCRETO

“O projeto estrutural deve ser constituído por desenhos e especificações. Esses documentos devem conter informações claras, corretas e consistentes entre si, tornando possível a execução da estrutura de acordo com os critérios adotados.

O projeto deve apresentar desenhos contendo as plantas de fôrmas e elevações das paredes com a respectiva armação. Sempre que necessários, devem ser apresentados: localização de pontos de reforços, detalhes de amarração de paredes com paredes, paredes com laje e posicionamento de juntas de controle ou construtivas” (Augusto, Amoldo Wendler Filho et al. Coletânea de ativos – “Paredes de Concreto” (site IBTS).

4.1 Normas

Este trabalho segue especificações das Normas Brasileiras da construção civil, são elas:

- ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto
- ABNT NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- ABNT NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações
- ABNT NBR 7480 – Aço destinado a armadura para estruturas de concreto armado - Especificações
- ABNT NBR 7481 – Tela de aço soldada – Armadura para concreto
- ABNT NBR 8661 – Ações e segurança nas estruturas
- ABNT NBR 8953 – Concreto para fins estruturais
- ABNT NBR 14862 – Armaduras treliçadas eletrossoldadas – Requisitos
- ABNT NBR 14931 – Execução de Estruturas de Concreto

5 PAREDE DE CONCRETO

5.1 Parede moldada “In Loco”

A parede de concreto moldada in-loco não é um sistema construtivo revolucionário e inovador, pois já era praticado nas décadas de 70 e 80 em outros países, mas não tinha força aqui no Brasil. Com o crescimento populacional em alta e o bom desenvolvimento econômico do país, liberando créditos para a população, empresas brasileiras começaram a investir em novos sistemas construtivos que proporcionassem lucro em menos tempo com obras de grande escala, e a viabilização dessa tecnologia no Brasil não depende de fatores técnicos, mas de mercado, é o que afirma o gerente geral de construção da Cytec, Aloysio Cyrino. “Não é usado em larga escala no Brasil por fatores econômicos e de falta de produção em escala”(Revista Técnica, edição 130, janeiro de 2007).

Esse sistema de paredes de concreto moldadas in-loco visa construções mais rápidas, padronizadas e com menos perda de material, atendendo desde casas térreas até edifícios mais altos. As instalações hidráulicas, elétricas e esquadrias são embutidas na estrutura de acordo com projetos pré definidos assim como o sistema de fôrmas também deve obedecer a seus respectivos projetos de posicionamento de painéis, equipamentos auxiliares, peças de travamento e prumo, escoramento e sequência de montagem e desmontagem.

Um bom sistema de fôrmas é essencial para o resultado esperado, e é definido de acordo com a característica de cada obra, o que será abordado mais detalhadamente em alguns itens deste trabalho. Um novo sistema de fôrmas de alumínio (painéis manoportáteis) presente no mercado, tem como característica principal o seu leve peso, podendo ser carregado por apenas um operário.

Esse sistema também é impulsionado pelo governo, que com o objetivo de diminuir o déficit habitacional, que segundo a fundação João Pinheiro com referência ao ano de 2008, é de 5,6 milhões de moradias, investe em construções populares em grande escala para obter uma maior economia.

De acordo com Luís Bueno, Diretor de Operações responsável pelas construções rápidas da Construtora Gafisa, em entrevista cedida para revista *Téchne* em fevereiro de 2009, o ciclo de concretagem estimado é de uma laje a cada dois dias, podendo entregar um empreendimento de 311 unidades distribuídas em 3 torres de 17 andares cada e apartamentos-tipo de 69m² a 96m² de área em apenas 15 meses.

Segundo o Diretor Luís Bueno, um empreendimento Gafisa gera em torno 8 toneladas de material descartável. Ao utilizar essa nova tecnologia, a construtora prevê uma diminuição de até 40% desse volume.

Na figura 01 e 02 a seguir, é apresentado um exemplo de paredes de concreto moldada “in loco”, com a utilização de fôrmas de madeira na figura 01 e instalação das telas soldadas, parte elétrica e tubulação hidráulica do segundo pavimento de uma residência na figura 02 da página19.



Fig. 01 –Parede de concreto moldada in loco
Fonte: UFBA Apostila de Tec. Da Construção Civil – Aula 4B



Fig. 02 –Elementos amarrados à armadura antes do fechamento das fôrmas
Fonte: Revista Técnica, fevereiro de 2009

5.2 Parede pré fabricada

Não se pode precisar a data em que começou a pré moldagem. O próprio nascimento do concreto armado ocorreu com a pré-moldagem de elementos, fora do local de seu uso. Sendo assim, pode-se afirmar que a pré moldagem começou com a invenção do concreto armado. A realização de estruturas com concretagem no local surgiu somente depois.

Segundo Augusto Carlos de Vasconcelos, autor do livro “O Concreto no Brasil, pré fabricação, monumentos e fundações”, a primeira notícia que se tem de uma grande obra com utilização de pré moldados no Brasil refere-se a execução do hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro, no ano de 1926.

No que se refere a edifícios de vários pavimentos realizados com o método de pré fabricação, a indícios que o conjunto residencial da USP, em 1964, foi a primeira tentativa de realização. O conjunto era formado por 12 prédios de 12 pavimentos, projetados pelo FUNDUSP para abrigar estudantes de outras cidades que ingressavam nas faculdades.

A parede pré fabricada ou pré moldada é produzida fora do local definitivo de utilização na estrutura, ou seja, primeiramente produzida e posteriormente implantada

no seu devido local definido previamente por projeto, essas paredes podem ser concretadas no próprio canteiro e depois transportadas por guindastes ou gruas, ou moldadas industrialmente podendo ter um controle mais rigoroso de qualidade.

O elemento pré fabricado é segundo ABNT NBR 9062/1985 um elemento pré moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade, conforme item 12.2 (controle de qualidade e inspeção) da ABNT citada acima.

5.2.1 Manuseio

Os elementos pré fabricados são suspensos e movimentados por intermédios de máquinas com a utilização adequada de acessórios para o perfeito manuseio evitando choques e movimentos abruptos.

5.2.2 Armazenamento

O armazenamento dos elementos pré fabricados é realizado com o mesmo cuidado do manuseio e devem ser colocados em cavaletes ou pontaletes sobre terreno firme conforme item 10.2 da NBR 9062, onde aos dispositivos de apoio não devem transmitir pressões superiores as tensões admissíveis do solo.

5.2.3 Transporte

O transporte deve ser realizado por veículos que suportem as dimensões e peso do elemento levando em conta solicitações dinâmicas. A peça deve ser apoiada em cavaletes, vigotas ou caibros constituídos de material macio para não danificar a peça.

6 MATERIAIS EMPREGADOS

6.1 Sistema de fôrmas

Um sistema de fôrmas é constituído de fôrmas, escoramento, cimbramento e os andaimes. De maneira sucinta, podemos dizer que a fôrma é um molde provisório que serve para dar ao concreto fresco a geometria e textura desejada, e de cimbramento, todos os elementos que servem para sustentá-lo até que atinja resistência suficiente para auto suportar os esforços que lhe são submetidos.

Além destas funções básicas, a fôrma e cimbramento têm outras importantes, tais como:

- Proteção do concreto fresco na sua fase frágil, de cura, contra impactos, variações de temperatura e, principalmente, de limitar a perda de água por evaporação, fundamental para sua hidratação;
- Servir de suporte para o posicionamento de outros elementos estruturais como a armação ou cabos e acessórios de protensão, como também, elementos de outros subsistemas, de instalações elétricas e hidráulicas;
- Servir de suporte de trabalho para própria concretagem dos elementos estruturais.

Existem vários modelos de fôrmas para concreto no mercado brasileiro e mundial, diferenciando-se umas das outras através de peso, forma, material, acessórios e outros, portanto a decisão a ser tomada para definir o perfil de fôrmas a implantar não é tão simples como parece, pois deve-se levar em conta tanto análises técnicas quanto econômicas.

6.1.1 Análises técnicas

- Produtividade: Facilidade na montagem e desmontagem, compatibilidade com a mão de obra encontrada e necessidade de treinamento intensivo;
- Transporte: Necessidade de mecanização (equipamentos);

- Característica do sistema: compatível com o sistema da empresa, peso dos painéis, peças soltas, durabilidade (reutilização) e modulação (padronização);
- Interface com outros subsistemas: facilidade para posicionamento de caixilhos, portas e gabaritos, embutimento de instalações elétricas e hidráulicas;
- Segurança: o sistema fornece todos os equipamentos para segurança da operação, o sistema atende a NR 18, necessidade de custos adicionais para atender a norma de segurança, requer cuidados específicos durante a operação;
- Riscos da decisão: a construtora está preparada para a utilização do sistema do fornecedor, probabilidade de utilização do sistema no seu meio, potencial de aproveitamento.

6.1.2 Análises econômicas

- Atendimento: abrangência nacional, prazo compatível com a necessidade da construtora, fornecedor possui equipes de manutenção facilmente, assistência no início da montagem, garantia de fornecimento posterior (peças adicionais ou troca de material);
- Comercialização: fornecedor oferece opção de locação ou leasing;
- Treinamento: fornecedor oferece treinamento para a equipe de produção;
- Riscos de decisão: o custo do sistema é compatível com a viabilização do sistema para a construtora, existência e ordem de grandeza dos custos de manutenção, existência e ordem de grandeza dos custos com fretes.

6.1.3 Escoramento

Segundo a NBR 14931 (2004) o escoramento deve ser projetado e implantado de tal maneira que resista a ação de seu próprio peso, peso da estrutura e de cargas acidentais que podem ser originadas no momento da concretagem ou implantação da fôrma. Neste projeto deve-se levar em conta as deformações e flambagem dos materiais e as vibrações que o escoramento está sujeito.

Deve-se efetuar a construção do escoramento prevendo uma melhor desfôrma no futuro, através do encunhamento, caixas de areia, entre outros, de modo a evitar maiores danos a estrutura através de vibrações na hora da remoção do mesmo.

Caso o escoramento seja metálico, deve-se seguir orientações do fornecedor responsável pelo sistema.

Devem ser considerados os seguintes aspectos:

- nenhuma carga deve ser imposta e nenhum escoramento removido de qualquer parte da estrutura enquanto não houver certeza de que os elementos estruturais e o novo sistema de escoramento têm resistência suficiente para suportar com segurança as ações a que estarão sujeitos;
- nenhuma ação adicional, não prevista nas especificações de projeto ou na programação da execução da estrutura de concreto, deve ser imposta à estrutura ou ao sistema de escoramento sem que se comprove que o conjunto têm resistência suficiente para suportar com segurança as ações a que estará sujeito;
- a análise estrutural e os dados de deformabilidade e resistência do concreto usados no planejamento para a reestruturação do escoramento devem ser fornecidos pelo responsável pelo projeto estrutural ou pelo responsável pela obra, conforme acordado entre as partes;
- a verificação de que a estrutura de concreto suporta as ações previstas, considerando a capacidade de suporte do sistema de escoramento e os dados de resistência e deformabilidade do concreto (NBR 14931, 2004, p.7).

6.1.4 Fôrmas de alumínio

As fôrmas de alumínio estão sendo muito utilizadas atualmente pelo sistema de paredes de concreto por serem mais leves e de fácil manuseio, reduzindo assim a utilização de guias para içamento e transporte das mesmas. A fôrma metálica é produzida visando ser transportada manualmente por apenas um trabalhador. "O ideal é que cada painel pese até 60 kg, um pouco mais pesado que um saco de cimento", afirma Ary Fonseca Júnior, responsável pela área de Desenvolvimento de Mercado da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), um exemplo de fôrmas metálicas é apresentado na figura 03 da próxima página.

- Vantagens: painéis duráveis, equipamentos muito leves, qualidade de prumo e alinhamento, bom acabamento superficial, rapidez de montagem, boa estanqueidade.
- Desvantagens: alto custo para aquisição, pouca disponibilidade no mercado nacional, dificuldades de modulação, necessidade de capacitação de mão de obra.



Fig. 03 – Painéis com perfis de alumínio
Fonte: SH Fôrmas catálogo 2010-2011

6.1.5 Fôrmas de madeira

- Compensado plastificado: material com película fenólica (tego-film) desenvolvida e produzida exclusivamente para fôrmas reutilizáveis proporcionando maior número de utilizações que a fôrma resinada comum.
- Compensado resinado: material com película fenólica resistente a intempéries, microorganismos, água fria e quente, vapor e calor.

Na próxima página, figura 04, um exemplo de utilização de fôrmas de madeira.



Fig. 04 – Painéis de madeira

Fonte: Apost. de Tecnologia da Construção Civil (FEG – UNESP)

6.1.6 Fôrmas mistas (metálica e chapa compensada)

- Vantagens: equipamento nacional com menor custo, maior durabilidade, montagem fácil, bom acabamento superficial, grande disponibilidade.
- Desvantagem: painéis mais pesados (podem exigir guias ou guindastes), necessidade de trocas frequentes das chapas compensadas, grande quantidades de peças soltas.

6.1.7 Fôrmas plásticas

- Vantagens: painéis leves, baixo custo de aquisição, possibilidade de modulação, disponibilidade de locação e possibilidade de reciclagem ao fim da vida útil.
- Desvantagens: dificuldade com prumo e alinhamento, acabamento superficial ruim, menor durabilidade, poucos fornecedores.

6.1.8 Fôrmas de papelão

Normalmente usadas em pilares com seção circular, apesar de sua excelente resistência às pressões internas e do seu aspecto plástico impecável após a desenforma, apresenta alto custo se for preciso reaproveitá-la mais de uma vez.

6.1.9 Sequência de montagem

O sistema de fôrmas deve vir acompanhado de um projeto de implantação identificando todos os materiais existentes e sua sequência de montagem que varia para cada fornecedor, mas não divergindo de um procedimento padrão, específico para a realização de paredes de concreto, conforme artigo citado na Revista Técnica pelos Gerentes de Construção Hugo Misurelli e Clovis Massuda:

- Nivelamento da laje de piso (ilustrado na figura 05 da página 27);
- Marcação de linhas de parede no piso de apoio;
- Montagem das armaduras (ilustrado na figura 06 da página 27);
- Montagem das redes hidráulica e elétrica (ilustrado na figura 06 da página 27);
- Posicionamento dos painéis de fôrma;
- Montagem dos painéis (painéis internos primeiro, depois painéis externos ou implantados de maneira pareada) (ilustrado na figura 07, 08 e 09 da página 28 e 29);
- Colocação de caixilhos (portas e janelas);
- Colocação de grampos de fixação entre painéis (ilustrado na figura 10 e 11 da página 29 e 30);
- Posicionamento das escoras de prumo (ilustrado na figura 12 da página 30);
- Colocação de ancoragens (fechamento das fôrmas de paredes).



Fig. 05 – Nivelamento de laje
Fonte: Revista Técnica (edição 147, junho 2009)



Fig. 06 – Montagem das armaduras e eletrodutos
Fonte: Revista Técnica (edição 147, junho 2009)



Fig. 07 – Montagem dos painéis internos (fôrmas de alumínio)
Fonte: Revista Técnica (edição 147, junho 2009)



Fig. 08 – Montagem pareada
Fonte: Revista Técnica (edição 147, junho 2009)



Fig. 09 – Montagem dos painéis externos
Fonte: Revista Técnica (edição 147, junho 2009)



Fig. 10 – Colocação de grampos de fixação entre os painéis
Fonte: Revista Técnica (edição 147, junho 2009)



Fig. 11 – Travamento das fôrmas de parede
Fonte: Revista Técnica (edição 147, junho 2009)



Fig. 12 – Escoramento dos painéis de laje
Fonte: Revista Técnica (edição 147, junho 2009)

6.2 Tela soldada (armadura)

A tela soldada já está no mercado brasileiro desde a década de 50, mas como qualquer tecnologia, demorou a se firmar no mercado e substituir antigas técnicas, pois

a falta de informação sobre o material e a resistência dos construtores em modificar o modo de trabalho e materiais aplicados retardaram sua evolução. Suas primeiras utilizações no mundo foram após a primeira guerra mundial (1918), quando o mercado da construção civil investia em novas tecnologias. Sua utilização na época era muito restrita, o que impediu o seu desenvolvimento e utilização em massa, mas com o passar dos anos e aperfeiçoamento das técnicas e ramos de aplicação, as telas soldadas começaram a ser aplicadas em diversas áreas do ramo de construção transformando-se em um dos materiais mais utilizados na Europa e nos Estados Unidos.

Hoje em dia as telas soldadas provaram que não servem apenas para armaduras de concreto, e sim garantem uma diminuição no custo da obra e facilitam o processo de construção, reduzindo tempo e perda de material, o que pode ser avaliado na tabela 01 a seguir em comparação com o vergalhão, que é muito utilizado hoje.

Vantagens técnicas:

Item	Vergalhão	Tela Soldada
Perda	Cortes (5 a 15%)	Zero ou próxima de zero
Recebimento	Necessita de pesagem	Elimina a pesagem
Colocação na forma	Corte, dobramento, marcação da forma, posicionamento da armadura e amarração com arame recozido.	Simples colocação de painéis prontos.
Amarração	2,5% do consumo de aço em arame recozido	Elimina a amarração
Emenda	Varia de acordo com a resistência do concreto, zona de aderência e diâmetro do fio	Simples sobreposição de malhas: armadura principal = 2 malhas armadura secundária = 1 malha
Ancoragem	Necessita de ganchos	Ancoragem reta (sem gancho), e menor comprimento
Aderência	Somente pela superfície do fio	Pela superfície do fio somado com a região do nó soldado
Qualidade	Espaçamento entre os fios com variações	Espaçamento entre fios rigorosamente uniformes
	Deficiência no recobrimento da armadura pela massa de concreto	Posicionamento correto dentro da massa de concreto
Inspeção	Conferência de diâmetro, espaçamento entre fios, comprimento de emenda e comprimento de ancoragem	Conferência do tipo de tela, número de malhas na emenda e comprimento de ancoragem

Tabela 01 – Vantagens técnicas da tela soldada em relação ao vergalhão

Fonte: Site IBTS

6.2.1 Normas para telas soldadas

- NBR 5916 – Junta de tela de aço para armadura de concreto – Ensaio de resistência ao cisalhamento – Método do ensaio;
- NBR 7480 – Barras e fios de aços destinados a armaduras para concreto armado – Especificação;
- NBR 7481 – Tela de aço soldada – Armadura para concreto – Especificação.

6.2.2 Elementos da tela

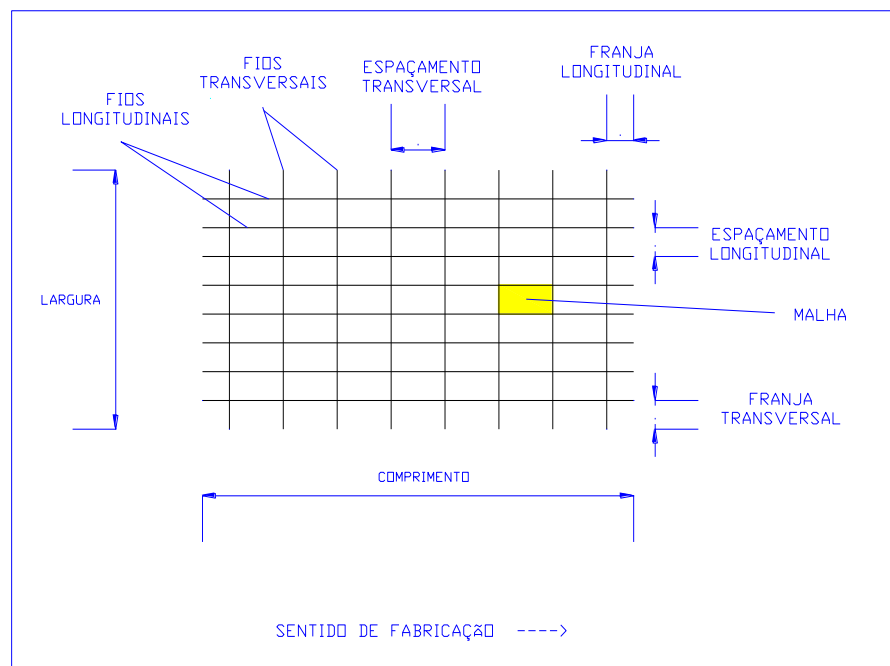


Fig. 13 - Elementos da tela soldada
Fonte: Site IBTS

- Fios Longitudinais;
- Fios transversais;
- Espaçamento transversal (distância medida entre os eixos de dois fios transversais);
- Espaçamento longitudinal (distância medida entre os eixos de dois fios longitudinais);

- Franja longitudinal (extremidade que sobra após o último fio soldado, de comprimento igual a metade do espaçamento);
- Franja transversal (extremidade que sobra após o último fio soldado, de comprimento igual a 2,5cm);
- Malha (obtida pela interseção de dois pares de fios ortogonais – longitudinais e transversais);
- Largura (corresponde ao comprimento do fio transversal);
- Comprimento (corresponde ao comprimento do fio longitudinal);
- Sentido de fabricação (acompanha o comprimento da tela).

6.2.3 Designação

As telas soldadas padronizadas são designadas através da letra que define seu tipo (Q, L M, R, T), acompanhada da área de aço da armadura principal que pode ser de aço CA-50 e CA-60, conforme figuras 14, 15 e 16 a seguir.

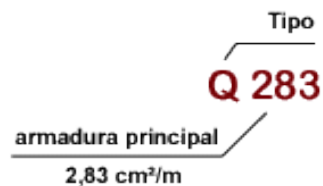


Fig. 14 – Tela de aço CA- 60
Fonte: Site IBTS



Fig. 15 – Tela de aço CA-50
Fonte: Site IBTS

Já as telas para atender projetos são produzidas de acordo com sua necessidade.

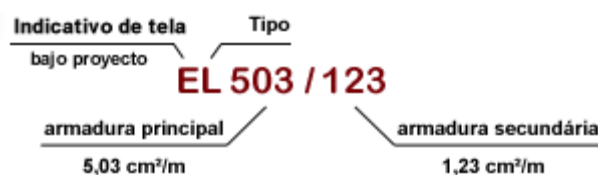


Fig. 16 – Tela sob projeto
Fonte: Site IBTS

6.2.4 Tipos

- Tela Q (armadura longitudinal igual a armadura transversal, produzida com malha quadrada, $A_{si} = A_{st}$);
- Tela L (armadura longitudinal maior que a armadura transversal, sem relação fixa entre elas, $A_{si} > A_{st}$);
- Tela M (armadura longitudinal maior que a armadura transversal, respeitando a relação – transversal = $\frac{1}{2}$ longitudinal, $A_{st} = \frac{1}{2}A_{si}$);
- Tela R (armadura longitudinal maior que a armadura transversal, respeitando a relação – transversal = $\frac{2}{3}$ longitudinal, $A_{st} = \frac{2}{3}A_{si}$);
- Tela T (armadura transversal maior que a armadura longitudinal, sem relação fixa entre elas, $A_{st} > A_{si}$).

6.2.5 Ancoragem

A ancoragem da tela soldada se designa ao comprimento da ferragem que é introduzida ao concreto, normalmente segue-se orientações contidas em projeto e seu comprimento mínimo é de 10cm.

6.2.6 Emenda

A emenda das telas soldáveis são realizadas através da sobreposição de uma ou duas malhas de acordo com as figuras 17 e 18 da página seguinte.

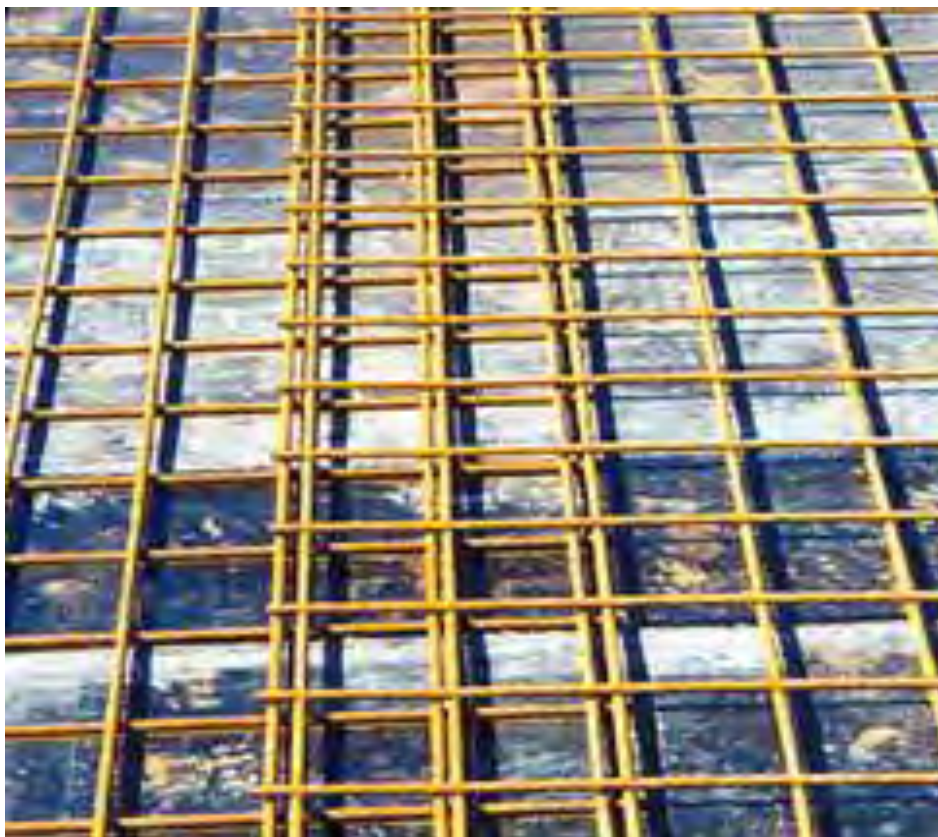


Fig: 17 – Armadura principal (fio principal)

Fonte: Site IBTS



Fig: 18 – Armadura secundária (fio da distribuição)

Fonte: Site IBTS

6.2.7 Estocagem

Estocagem das telas pode ser feita de forma horizontal e vertical, dependendo das dimensões do local destinado, evitando o contato com o solo e paredes através de pontaletes de madeira.

6.2.8 Tabelas para estruturas de concreto

As tabelas de telas soldadas facilitam na procura do material adequado para cada tipo de construção, pois fornecem informações e características do material que variam de acordo com a série, designação, espaçamento entre fios, diâmetro, seções, dimensões (largura e comprimento) e peso.

As tabelas podem ser localizadas no site do IBTS ou também em sites de fabricantes do material.

Abaixo, com o auxílio das tabelas 02 e 03, podemos verificar um exemplo de tabelas para telas soldadas para aço CA-60 e CA-50.

AÇO CA-60		Espaçamento entre fios (cm)		Diâmetro (mm)		Seções (cm ² /m)		Apresentação	Dimensões (m)		Peso	
Série	Desig.	L.	T.	L.	T.	L.	T.		Larg.	Comp.	kg/m ²	kg/peça
61	Q61	15	15	3,4	3,4	0,61	0,61	PAINEL	2,45	6,00	0,97	14,3

Tabela 02 – Painel aço CA-60

Fonte: Site IBTS

AÇO CA-50		Espaçamento entre fios (cm)		Diâmetro (mm)		Seções (cm ² /m)		Apresentação	Dimensões (m)		Peso	
Série	Desig.	L.	T.	L.	T.	L.	T.		Larg.	Comp.	kg/m ²	kg/peça
1227	LA1227	10	30	12,5	7,1	12,2	1,32	PAINEL	2,45	6,00	10,87	159,8

Tabela 03 – PAINEL aço CA-50

Fonte: Site IBTS

6.3 Instalação hidráulica e elétrica

As instalações elétricas como foi dito inicialmente são embutidas na estrutura de concreto e devem obedecer a suas locações do projeto de elétrica e de fôrmas, e seguir um fluxo de montagem.

A atividade deve ser iniciada após a conclusão das armações das paredes, pois os conduítes e caixinhas ficarão fixados as fôrmas ou ferragem (exemplificado na figura 20 da página 38), tomando um devido cuidado com o comprimento correto dos conduítes para evitar emendas.

A seguir segue uma sequência de montagem segundo fluxo de instalações elétricas para obras de paredes de concreto da Construtora Gafisa:

- 1 – Corte dos conduítes, “kitizados” antes da subida para a laje;
- 2 – Fixação dos conduítes conforme projeto;
- 3 – Conferência do posicionamento dos conduítes;
- 4 – Serviço concluído.

É necessário a utilização de tampas nas caixinhas dos interruptores, conforme figura 19, para evitar que o concreto fluído entre dentro das mesmas. Essas tampas são encontradas facilmente no mercado brasileiro e são reutilizáveis. Caso não utilizar a tampa propriamente dita, deve-se preencher as caixinhas com isopor ou papel a fim de evitar esse problema.

Recomenda-se também a utilização de espaçadores acoplados as telas para garantir seu posicionamento e o recobrimento da estrutura.



Fig: 19 – Tapa da caixinha de energia
Fonte: Manual Paredes de Concreto 2008/2009



Fig: 20 – Tapa da caixinha de energia fixadas as telas
Fonte: Manual Paredes de Concreto 2008/2009

“A tubulação de distribuição de água, com diâmetro de até 32mm (a maioria tem 25mm), pode ser embutida nas paredes desde que observado o seu correto posicionamento, no centro delas” (Manual Paredes de Concreto, 2008/2009, pg. 94).

O posicionamento dos tubos também deve ser de acordo com projeto e alerta-se para utilização de espaçadores que garantirão o recobrimento necessário.

As figuras 21 e 22 da página 39 e 40 respectivamente, ilustram a fixação da tubulação hidráulica das paredes de concreto e laje.



Fig: 21 – Tubulação hidráulica
Fonte: Manual Paredes de Concreto 2008/2009



Fig: 22 – Tubulação hidráulica
Fonte: Manual Paredes de Concreto 2008/2009

6.4 Concreto

A concretagem é fundamental para que a estrutura executada corresponda ao projeto estrutural garantindo a durabilidade e qualidade desejada.

Para melhor atender essa qualidade o concreto deve ser dosado em usinas especializadas na realização do mesmo e transportado para obra em caminhões betoneira, garantindo assim sua procedência, e que o mesmo irá atingir resistência exigida pelo executor da obra.

O tempo decorrido desde a primeira mistura do concreto com água até o adensamento é muito relevante para o desempenho da obra, pois o concreto não poderá iniciar a pega antes de seu adensamento para evitar a formação de junta fria.

Esse tempo deverá ser programado para não ultrapassar os 90 minutos de viagem da usina até a obra e 150 minutos até o final do lançamento, levando em consideração que o tempo de intervalo máximo entre um lançamento e outro não deve ultrapassar 30 minutos.

No caso em particular do concreto autoadensável o tempo para o lançamento após a adição do aditivo hiperfluidificante é de 40 minutos (processo normalmente realizado no canteiro de obras), já o concreto celular tipo L1 deve ser lançado na fôrma 30 minutos após a conclusão da mistura com espuma.

O concreto antes de ser utilizado deve ser inspecionado quanto ao lacre no caminhão betoneira e slump (abatimento) que deve estar de acordo com o valor mencionado na nota fiscal do produto, caso o slump seja menor do que o desejado poderá adicionar água suplementar de acordo com os limites citados na NBR 7212/1984.

A tabela 04 a seguir apresenta os resultados desejados ao se realizar o teste de abatimento de um concreto convencional para alguns tipos de estrutura levando em consideração a quantidade de ferragem utilizada no elemento estrutural.

Para o caso dos concreto utilizados no sistema em estudo, o abatimento final do concreto levando em conta sua fluidez deve atingir valores maiores (conforme figura 23 e 24 da página 42), que serão abordados mais a frente no item 5.4.3 – Tipos de concreto utilizados.

Elemento estrutural	Abatimento SLUMP (mm)	
	Peça pouco armada	Peça muito armada
Laje	60 ± 10	70 ± 10
Viga e parede armada	60 ± 10	80 ± 10
Pilar de edifício	60 ± 10	80 ± 10
Paredes de fundação, sapatas, tubulões.	60 ± 10	70 ± 10
Obs.: Para concreto bombeado, considerar o SLUMP entre 70 e 100, no máximo, considerando que para alturas de bombeamento superiores a 30 m, determinar o SLUMP na saída da linha de recalque.		

Tabela 04 – Valores recomendados para o ensaio de abatimento do tronco de cone
Fonte: Apost. de Tecnologia da Construção Civil, pág 61 (FEG – UNESP)



Fig.23 – Slump test
Fonte: Coletânea Ativos Paredes de Concreto



Fig. 24 – Medição de fluidez do concreto
Fonte: Revista Técnica (edição 147, fevereiro de 2009)

6.4.1 Aplicação

A aplicação do concreto deve obedecer um planejamento detalhado, variando de acordo com as características do concreto, geometria das fôrmas e layout da obra. A massa deve acomodar-se a fôrma de maneira homogênea evitando a formação de bolhas de ar. Para garantir essa homogeneidade, deve-se realizar o lançamento através de janelas abertas na lateral, funis ou vibração quando necessário. O lançamento de uma nova camada deve ser realizado após o início de pega da camada já lançada.

6.4.2 Lançamento

Nessa etapa deve-se tomar muito cuidado com o preenchimento adequado das fôrmas e evitar-se a formação de bolhas de ar, para isso o concreto deve ser vibrado com muito cuidado evitando encostar o vibrador na ferragem da estrutura para não originar vazios ao redor da mesma, perdendo assim aderência do material. As camadas de adensamento não devem ultrapassar 20 cm de largura ou $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha do vibrador.

Para evitar a ocorrência de ar aprisionado, deverá ser previstos furos nas fôrmas de $\frac{3}{4}$ de diâmetro nas regiões logo abaixo das janelas ou regiões propícias a formação de vazios (janelas de inspeção). Aplicação de pancadas leves nas fôrmas com utilização de martelo de borracha também é recomendado.

O concreto autoadensável (Tipo N) ou celular (Tipo L1), que tem maior fluidez e plasticidade, elimina a necessidade de vibração e a alta viscosidade evita a segregação dos materiais.



Fig. 25 – Adensamento de concreto com vibrador de mangote
Fonte: Revista Técnica (edição 147, junho 2009)

6.4.3 – Tipos de concreto utilizados

No Brasil são recomendados 4 tipos de concretos para realização das paredes, são eles:

- Concreto celular;
- Concreto com elevado teor de ar incorporado – até 9%;
- Concreto leve;
- Concreto auto-adensável.

6.4.3.1 – Concreto celular

O concreto celular tem como característica principal a utilização de espuma líquida que são geradas por um equipamento próprio (gerador de espuma) no local da concretagem (conforme figura 26 e 27 da página 46). Essa espuma líquida é introduzida a mistura momentos antes da concretagem e são

responsáveis pela formação de micro-bolhas no interior do concreto. Esse tipo de concreto origina um bom conforto acústico e térmico e devido a sua porosidade não é aconselhável o seu uso em concretos estruturais.

Sua densidade varia de 600 Kg/m^3 à 1800 Kg/m^3 , onde que, quando não for previsto muita concentração de carga utiliza-se densidade até 1100 Kg/m^3 ou valores entre 1100 à 1800 Kg/m^3 para locais que necessitarão apresentar alguma resistência mecânica (2 a 7 MPa) o suficiente para suporte de pessoas e objetos.

Os principais formadores de espuma são proteínas hidrolisadas, resinas saponificáveis, agentes sintéticos de superfície ativa, sangue hidrolisado, cola animal (agentes protegidos por patentes, o que dificulta o conhecimento exato de suas características).

“A areia deve ser fina com mais de 70% dos grãos passando na peneira 1,2mm e cerca de 25% menor que 0,15mm, quanto mais fino for o agregado, maior será a facilidade de obter massas específicas menores.

Como neste caso a resistência cai, esta redução pode parcialmente ser compensada pelo enriquecimento do traço. O traço oscila em torno de 1:4 em peso, porém conduzindo a consumos de ordem de $250\text{-}300 \text{ kg/m}^3$ em virtude dos vazios criados” (Petrucchi, Eladio G. R. Concreto de Cimento Portland, 1987, pg. 232).

A adição da espuma é, normalmente, feita no canteiro, antes da descarga do material, para isso, os seguintes passos devem ser seguidos:

- Coleta do concreto para medição de densidade e slump;
- Medição da massa específica do concreto;
- Verificação do slump do concreto ($50 \text{ mm} \leq \text{slump} \leq 60 \text{ mm}$);
- Adição do aditivo superfluidificante (no caminhão);
- Adição de espuma (no caminhão) ;
- Medição da densidade: é imprescindível a aferição da densidade do concreto celular por meio do uso de recipientes com volume conhecido e balança eletrônica. O concreto celular está liberado para seu lançamento nas fôrmas quando atingir a densidade especificada ($1.500 \text{ kg/m}^3, \pm 200 \text{ kg/m}^3$);
- Medição da fluidez, a fim de preencher todos os vazios das fôrmas – o slump mínimo recomendado é de 230 mm;

- Concreto liberado para o lançamento.
(Revista Técnica, edição 147, junho 2009)



Fig. 26 – Espuma líquida especial
Fonte: Portal do concreto



Fig. 27 – Espuma líquida especial
Fonte: Portal do concreto

6.4.3.2 Concreto com elevado teor de ar incorporado

Este tipo de concreto como o nome já diz, apresenta micro bolhas de ar em sua estrutura, que servem para melhorar a trabalhabilidade, aumentar a durabilidade, diminuir a permeabilidade e segregação deixando o concreto mais coeso e homogêneo. Essas micro bolhas de ar também diminuem a exsudação, que é o fenômeno migratório da água existente no concreto em seu processo de cura. A importância da diminuição desse fenômeno é fundamental, quando se trata de obter o máximo de proteção das estruturas contra a ação dos agentes agressivos.

A incorporação de ar reduz a resistência aos esforços mecânicos do concreto, mas como porém, o incorporador melhora a trabalhabilidade, reduzindo a relação água / cimento e, com isso, compensar total ou parcialmente a perda de resistência.

“O ar incorporado intencionalmente a massa tem uma porcentagem variável de 3% a 6% (sendo que uma massa com concreto naturalmente incorporado raramente excede 1,5%), com uma quantidade estimada de 500.000 a 800.000 bolhas de ar por m^3 de concreto” (Petrucci, Eladio G. R. Concreto de Cimento Portland, 1987, pg. 240).

6.4.3.3 – Concreto leve

Os concretos leves como são conhecidos tem como ponto forte o seu pouco peso e sua capacidade de isolamento térmico e acústico, chegam a atingir densidades próximas a 600 Kg/m^3 enquanto que um concreto convencional varia sua densidade de 2300 a 2500 Kg/m^3 . Os pontos fracos de concretos leves é que sua baixa densidade acarreta em perda de resistência; dificuldade de misturar, lançar e adensar pela facilidade de segregação, motivada pela diferença das massas específicas dos constituintes.

Os concretos leves são produzidos sem a presença de finos ou com agregados bem leves, como isopor, vermiculita e argila expandida.

Vermiculita: Constituída de silicatos provenientes da composição da mica, e que aquecidos apresentam a propriedade de esfoliar. Submetidos a temperatura de 1.000°C, a água ao ser expulsa provoca a expansão, que pode chegar a 20 vezes o volume inicial.

Argila expandida: Certas argilas aquecidas rapidamente a temperaturas entre 1.000 e 1.200°C desenvolvem gases que aprisionados na massa de alta viscosidade originam expansões, dando as chamadas argilas expandidas.

6.4.3.4 Concreto auto-adensável

O concreto auto-adensável foi desenvolvido por volta de 1983, mas sua maior aplicação foi no ano de 1997 no Japão, na ancoragem de uma grande ponte metálica, o elevado custo dos aditivos utilizados como superplastificantes e modificadores de viscosidade, como a falta de conhecimento da tecnologia em métodos de dosagem e produção restringiram sua utilização no Brasil e mundo até o presente.

O CAA (concreto auto-adensável) tem como característica preencher todos os espaços vazios de uma fôrma através de seu próprio peso sem a necessidade de equipamentos externos ou de vibração envolvendo muito bem as barras de aço e ultrapassando obstáculos mantendo uma adequada homogeneidade utilizando apenas o poder da força gravitacional. Esse tipo de concreto deve apresentar fluidez (garantindo o escoamento para preenchimento dos espaços vazios) e estabilidade (para se manter coeso e homogêneo). O slump do concreto auto-adensável é considerado alto e varia de 160mm à 230mm, apresentando boa trabalhabilidade (muito plástico) e fácil aplicação.

Os materiais utilizados para a produção deste tipo de concreto são praticamente os mesmos utilizados em um concreto convencional, porém com uma quantidade elevada de finos (minerais, fílers, aditivos plastificantes, superplastificantes e modificadores de viscosidade). A fluidez alcançada deve-se

ao uso de superplastificantes, enquanto que sua estabilidade aos modificadores de viscosidade.

A utilização do concreto auto-adensável origina vários ganhos diretos e indiretos na construção, tais como:

- Redução de custo de aplicação por m³ de concreto;
- Garantia de excelente acabamento em concreto aparente;
- Permite bombeamento em grandes distâncias horizontais e verticais com maior velocidade;
- Otimização de mão de obra;
- Maior rapidez de execução da obra;
- Melhoria nas condições de segurança da obra;
- Eliminação de ruídos provocados pelo vibrador;
- Significativa redução nas atividades de espalhamento e vibração;
- Permite a concretagem sem adensamento em regiões com grande densidade de armadura;
- Aumento das possibilidades de trabalho com fôrmas de pequenas dimensões;
- Redução do custo final da obra em comparação ao sistema de concretagem convencional;
- Acelera o lançamento do concreto na estrutura, permitindo concretagens mais rápidas;
- Redução da mão-de-obra no canteiro;
- Melhoria do acabamento superficial;
- Aumento da durabilidade devido à redução de defeitos de concretagem.

6.4.4 Classes do concreto recomendadas

Para a realização das paredes recomenda-se algumas classes de concreto que são específicas para a realização da mesma, pois em lajes e qualquer outro

elemento de concreto armado deve-se seguir especificações da ABNT NBR 6118, segue tabela 05 com as classes de concreto recomendada:

Tipo	Descrição	Massa específica Kg/m³	Resistência à compressão mínima MPa
L1	Concreto celular	1500 a 1600	4
L2	Concreto com agregado leve	1500 a 1800	20
M	Concreto com ar incorporado	1900 a 2000	6
N	Concreto normal	2000 a 2800	20

Tabela 05 – Classes de concreto recomendada
Fonte: Manual Paredes de Concreto 2008/2009

6.4.5 Desempenho do concreto

Iniciou-se ensaios em concretos normalmente utilizados para a realização das paredes de concreto, em janeiro de 2011 (Grupo Parede de Concreto, 2008/2009) com previsão de resultados para dezembro do referido ano, nestes ensaios serão analisados algumas características como compressão axial, tração pura, tração na flexão, retração e módulo de elasticidade nas idades de 14 horas, 14 e 28 dias.

A identificação correta de suas características e resultados irão colaborar no aperfeiçoamento do trabalho de projetistas, prestadores de serviço e gerentes de obra.

6.5 Aditivos

Há muito tempo, pesquisadores estão descobrindo aditivos para se unir aos elementos básicos do concreto, que sejam capazes de curar todos os males e corrigir todos os defeitos.

“Assim em meados dos século XIX foi adicionado gesso ao cimento, no sentido de regular o seu tempo de pega, cerca de dez anos mais tarde foi descoberto o efeito dos cloretos como aceleradores do endurecimento da pasta. Já na década de 30, foi descoberto por acaso, nos Estados Unidos, o efeito do ar incorporado ao concreto em forma de minúsculas bolhas elásticas, de lá pra cá,

muitos outros aditivos têm sido descobertos e empregados” (Materiais de construção 1, Bauer L. A. F, 1985, pg. 103).

Hoje em dia o aditivo é um elemento fundamental no setor da construção civil, a quem diga que ele é tão importante para o concreto quanto a água, agregados e cimento. Há vários tipos de aditivos no mercado com diferentes aplicações, por isso é necessário um estudo do caso antes de definir se é necessário sua aplicação e qual produto utilizar, atentando-se ao seu prazo de validade, conservação, momento certo e forma de aplicação e sua dose correta.

Sua aplicação pode melhorar a qualidade do concreto nos seguintes aspectos:

- Trabalhabilidade;
- Resistência;
- Compacidade;
- Durabilidade;
- Bombeamento;
- Fluidez.

E pode diminuir sua:

- Permeabilidade;
- Retração;
- Calor de hidratação;
- Tempo de pega;
- Absorção de água.

Neste caso em particular, para a realização de paredes de concreto moldadas “in loco” iremos analisar os aditivos plastificantes e superplastificantes.

6.5.1 – Aditivos plastificantes

Os aditivos plastificantes são muito utilizados no Brasil, eles reduzem a quantidade de água necessária para realização do concreto melhorando sua trabalhabilidade, facilitando assim seu adensamento e melhorando o acabamento. Sua aplicação melhora a consistência do concreto, diminuindo sua perda no caminho até a obra.

6.5.2 – Aditivos superplastificantes

Os aditivos superplastificantes são relativamente mais novos e como os plastificantes também diminuem o consumo de água na fabricação do concreto, mas de uma maneira bem mais considerável, chegando a 30% de redução, e proporcionam também um melhor bombeamento. A partir deste novo conceito de aditivo foi possível aumentar a tecnologia do concreto, originando uma mistura de alto desempenho e resistências elevadas, chegando a aumentar de 50% a 100% sua resistência em comparação com o concreto sem aditivos. “Quanto maior é o consumo de cimento, maiores são seus efeitos” (Falcão Bauer, Materiais de construção 1, 1985).

7 AÇÕES

7.1 Generalidades

Todas as cargas laterais que a parede estará sendo submetida devem ser consideradas de acordo com a ABNT NBR 8681 – Ações e seguranças na estrutura - Procedimento.

7.2 Esforços solicitantes

O cálculo dos esforços solicitantes deve ser realizado de acordo com os princípios da teoria das estruturas.

Os edifícios de paredes de concreto devem ser contraventados de tal forma que não ocorram grandes deslocamentos relativos entre o topo e a base. Esta condição admite-se atendida quando:

Dispõem-se paredes resistentes nas duas direções, de modo a proporcionar estabilidade lateral dos componentes e ao conjunto estrutural.

A laje é calculada como solidária com as paredes resistentes e funcionando como diafragma rígido, dividindo a responsabilidade de recepção dos ventos com os elementos verticais, de forma a transferir a estas os esforços horizontais. Não se permite o cálculo das reações das lajes por charneiras plásticas e não se pode plastificar apoios.

Estruturas que não se enquadrem nestes requisitos não são objeto desta Prática Recomendada.

7.3 Cargas verticas

Considera-se cargas verticais todas as cargas atuantes sobre a parede de concreto de acordo com a ABNT NBR 6120.

Considera-se as cargas atuantes no plano médio da parede e admitidas uniformemente distribuídas, em alguns momentos assumem um caminhamento inclinado de no máximo 45° , chegando a transferir cargas para paredes adjacentes, quando isso ocorre deve ser verificado tensões de cisalhamento.

Em caso de aberturas existentes na parede de concreto, os vãos entre elas devem ser superiores a largura da abertura (representado na figura 28 como “ a_h ”), caso contrário, o espaçamento entre elas será considerado como pilar ou pilar parede. Deve-se prever armaduras de reforços ao redor da abertura (conforme figura 29 da página 55), sendo dispensado este reforço quando os furos ou aberturas tem um tamanho máximo de até duas vezes a espessura da parede.

Na figura 28 a seguir, $a_h/2$ e $0,75.a_h$ representam uma região de influência.

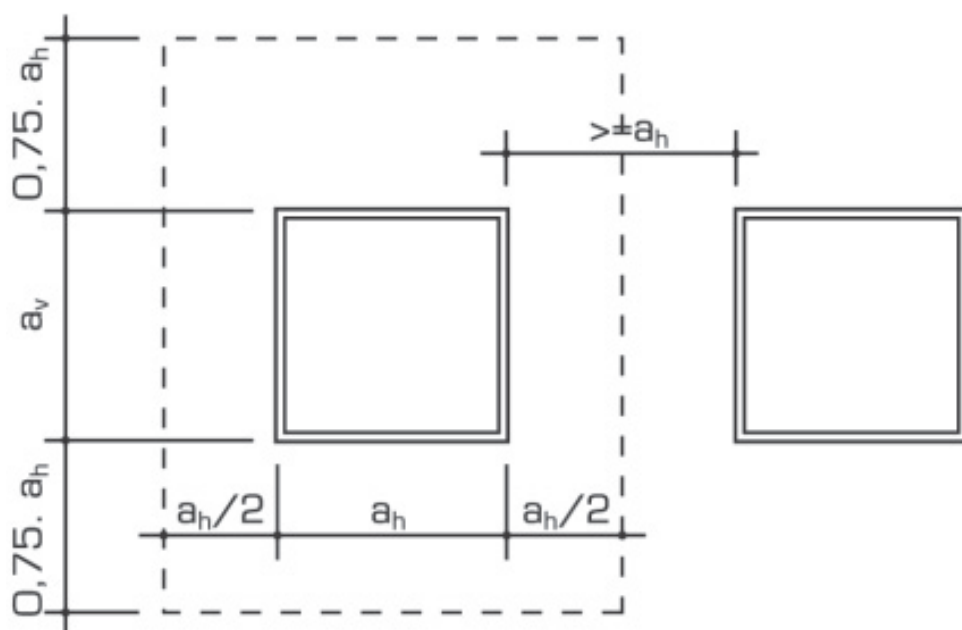


Fig. 28 – Distribuição horizontal de aberturas
Fonte: Manual Paredes de Concreto 2008/2009

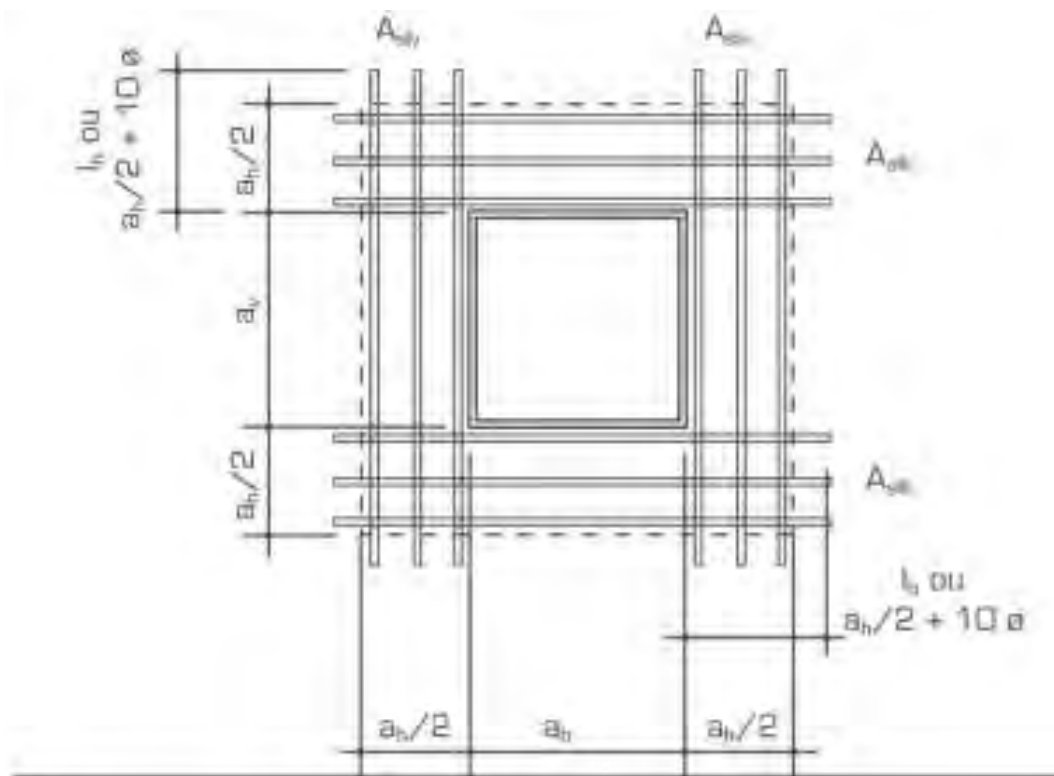


Fig. 29 – Armaduras de reforço em aberturas
Fonte: Manual Paredes de Concreto 2008/2009

7.4 Cargas Horizontais

As ações horizontais que devem ser consideradas são provenientes do vento e desaprumo, levando-se em conta a ação que proporcionar a situação mais desfavorável.

Para se obter resultados quanto a ação do vento em edifícios de paredes de concreto, segue-se a ABNT NBR 6123 como de costume, já o desaprumo é calculado a partir de um ângulo de desaprumo Θ , sendo que:

$$\Theta = 1/(170 \sqrt{H})$$

Onde: Θ é o ângulo de desaprumo, em radianos;

H é a altura da edificação, em metros.

8 RASTREABILIDADE

A rastreabilidade é uma maneira de garantir qualidade a um processo ou método, além de colaborar com a melhoria continua dos mesmos, revertendo o investimento realizado para o método, em lucros e melhorias de maneira de trabalho para a empresa.

A rastreabilidade possui um controle rigoroso sobre os resultados obtidos.

8.1 Rastreabilidade do concreto

A execução da rastreabilidade do concreto no método construtivo em estudo, é essencial para o crescimento do mesmo, tendo em vista que é um processo relativamente novo no país (levando em conta a execução) e em ascensão. Sua aplicação colabora com um resultado final muito mais rigoroso e detalhado de cada etapa da execução da obra, monitorando a entrada e uso dos materiais, equipamentos e mão de obra.

Segundo o grupo Parede de Concreto, planilhas contendo informações sobre construtoras (tabela 06 da página 57) e obras (tabela 07 da página 58), gerando um banco de dados (tabela 08 da página 59) organizado por tipologias, foi aplicado em empresas que participam da Comunidade da Construção e pode ser adotado por empresas interessadas (Coletânea de ativos, Parede de concreto, 2008-2009).

A ação foi estruturada em 4 etapas ou momentos segundo Coletânea de ativos, Parede de concreto, 2008-2009 :

1_ MC – Momento de Caracterização

Constitui a captura de informações da construtora e da obra. Utilizam-se nesta etapa dois formulários com as seguintes questões:

Construtora: dados cadastrais, região de atuação, sistemas construtivos adotados, modelo de atuação em relação à mão de obra e outras informações.

Obra: informações básicas e contato, tipologia e dados do empreendimento (área construída, número de unidades, de pavimentos etc.), além de profissionais influenciadores na tomada de decisões (incorporador, arquiteto, projetista estrutural). Registra também dados quantitativos,

qualitativos e econômicos de materiais e serviços (concreto, aço, fôrma, caixilho, telhado, cobertura, revestimentos, instalações e projetos).

2_ MD – Momento de Coleta de Dados

Coleta e registra informações técnicas e econômicas sobre os mesmos materiais e serviços, porém na etapa de entrega, indicando condições como atendimento e pontualidade de fornecedores, características dos materiais entregues, anomalias e produtividade de execução do sistema.

3_ MA – Momento de Análise

Visa acompanhar indicadores chaves de performance das obras e eventuais problemas da operação.

Também estabelece correlações entre definições de produto e processo. É a etapa em que são emitidos relatórios gerenciais e de recomendações, necessários para a implementação de melhorias.

4_ MF – Momento Final

Feedback para a construtora e o fornecedor.

Como metodologia, a ação estrutura-se da seguinte forma:

Captura de informações: por meio de formulários, cada construtora tem uma pessoa responsável pelo preenchimento das fichas, que são encaminhadas para a empresa responsável pela tabulação.

Organização da informação: os dados são armazenados em sistema *Web*, desenvolvido para o grupo PAREDE DE CONCRETO. Cada empresa tem visibilidade das suas informações e a coordenação da Comunidade da Construção, de todas.

Tipo:	☐ Construtora ☐ Incorporadora ☐ Outros	
Informações cadastrais		
Conta Primária:		
Razão Social:		
Endereço:		
Telefones:		
Site:		
Anotações		
Classificação		
Regiões de autuação:	Sudeste ☐ ES ☐ MG ☐ RJ ☐ SP Sul ☐ PR ☐ RS ☐ SC Centro-oeste ☐ MT ☐ MS ☐ DF ☐ GO Nordeste ☐ AL ☐ BA ☐ CE ☐ MA ☐ PB ☐ PE ☐ PI ☐ RN ☐ SE Norte ☐ AC ☐ AM ☐ AP ☐ PA ☐ RR	
Mix de sistemas:	Alvenaria Estrutural: % m ² N ^o unid. Concreto Convencional: % m ² N ^o unid. Pré-moldado: % m ² N ^o unid. Parede de concreto: % m ² N ^o unid.	
Modelo de operação:	☐ Mão de obra própria ☐ Subempreitada ☐ Sócio-construtora	
Sustentabilidade:	É pre-requisito? ☐ SIM	
Tipologia:	Casa térrea isolada % Casa térrea germinada % Sobrado isolado % Sobrado geminado % Edifícios %	
Contato:	Nome: _____ Cargo: _____ Departamento: _____	

Tabela 06 – Rastreabilidade do sistema Parede de Concreto (roteiro – Construtora)

Fonte: Manual Paredes de Concreto 2008/2009

Informações Básicas	
Nome:	
Conta Primária:	
Contato Principal:	
Informações Contato	
Endereço:	
Telefones:	
Site:	
Tipologia	
Tipo de obra:	
Padrão:	
Faixa de venda:	
Unidade	Torre
Total unidades:	unid nº torre:
m ² unidade:	Aparto/andar:
m ² total:	nº andar
m ² útil:	térreo habitado
nº banh./unid.	nº subsolos
nº dorm./unid.	
índice de compactidade	
Influenciadores	
Incorporadora:	
Arquiteto:	
Projetista estrutural:	
Anotações	

Concreto	
Fornecedor:	ENGEMIX
Altura de laje:	cm
Espessura parede padrão:	cm
Outras:	cm
Outras:	cm
Espessura média parede:	cm
Volume total:	m ³
Resistência a compressão:	Mpa - todos andares
Tipo:	
Utiliza fibra:	
Tipo de controle realizado:	Slump
Quem analisa os resultados de controle:	Projetista estrutural
Parede e laje em conjunto:	Resp.: Sim ou Não
Densidade:	Engenheiro Obra
Resist. Compressão:	Coordenador obra
Módulo elasticidade:	
Resist. Tração:	
Flow test:	
Aço / Tela:	
Fornecedor:	
Valores médios:	
Taxa de vergalhão:	kg/m ³
Taxa de tela:	kg/m ³
Dois últimos andares:	kg/m ³
Dois últimos andares:	kg/m ³
Andares do meio:	kg/m ³
Andares do meio:	kg/m ³
Fôrma:	
Fornecedor:	
Tipo:	
Nº de conjuntos:	
Nº unidades por conjunto:	
Reutilização média:	
Manuseio:	Usos
Caxilho	
Fornecedor:	
Tipo:	
Concreto junto:	
Telhado	
Fornecedor:	
Estrutura:	
Cobertura	
Fornecedor:	
Tela:	
Manta (subcoberta):	
Revestimento interno	
Fornecedor:	
Tipo:	
Revestimento externo	
Fornecedor:	
Tipo:	
Instalações elétricas	
Fornecedor:	
Tipo:	
Forma de passagem:	
É feito algum tipo de pré-teste:	Resp.: Sim ou Não
Instalações hidráulicas:	
Fornecedor:	
Água fria:	
Água quente:	
Forma de passagem:	
É feito algum tipo de pré-teste:	
Projetos	
São compatibilizados:	

Tabela 07 – Rastreabilidade do sistema Parede de Concreto (roteiro – Obra)

Fonte: Manual Paredes de Concreto 2008/2009

Serviço			
Concreto			
Valores médios			
Volume consumido	_____	m ³	
Volume projeto	_____	m ³	
% Volume consumido / projeto	_____	m ³	
Slump	_____	mm	
Densidade	_____	kg/m ³	
Resist. Compreensão	_____	MPa	
Módulo elasticidade	_____	GPa	
Cura			
Vocês fazem a cura:			
Como é feita:			
Atendimento			
Pontualidade			
Qualidade dos equipamento			
Participação do agente ao processo			
Aço			
Atendimento			
Pontualidade			
Velocidade de atendimento fornecedor			
Participação do agente ao processo			
Forma			
Valores médios			
Desgaste			
Atendimento			
Pontualidade			
Velocidade de atendimento fornecedor			
Participação do agente ao processo			
Produtividade			
Ciclo de Produtividade - Parede de concreto			
Nº dias:	_____		
Nº pessoas:	_____		
Nº unidades:	_____		
Prazo de execução - Unidade			
Nº dias:	_____		
Anomalias			
Concreto			
☐ Fissuras	☐ Pulverolento	☐ Falta de planicidade	☐ Aço fotografado
☐ Manchas	☐ Bicheira	☐ Instalações desposicionadas	
Forma			
Deformação após concretagem			
Concreto aderido			
Revestimentos			
☐ Baixa Aderência	☐ Manchas		

Tabela 08 – Rastreabilidade do sistema Parede de Concreto (roteiro – Coleta de dados)

Fonte: Manual Paredes de Concreto 2008/2009

9 CONCLUSÃO

Através dos estudos efetuados para a realização deste trabalho, é possível concluir que o mercado brasileiro atualmente está propício e se preparando cada vez mais para a realização de processos construtivos mais rápido e baratos.

O método apresentado atende as expectativas do cliente quanto a prazo, pois as empresas brasileiras investiram e hoje possuem mão de obra treinada e qualificada para a execução dos serviços que são repetitivos e padronizados, e quanto a qualidade, pois os materiais empregados na construção de paredes de concreto moldadas “in loco” pode suprir vários níveis de acabamento, desde construções mais econômicas até edifícios de alto padrão.

Hoje as empresas realizam estudos e pesquisas quanto a fatores econômicos e técnicos dos materiais envolvidos na construção, como por exemplo na escolha do sistema de fôrmas, que é avaliado produtividade, transporte, características do sistema, interface com outros subsistemas, segurança e risco de decisão levando em conta a parte técnica e atendimento, comercialização, treinamento e riscos de decisão para a área econômica. Além de analisar e se preocupar quanto ao atendimento de requisitos de segurança na hora da operação para atender a NR 18.

Pode-se constatar também que muitos dos materiais envolvidos considerados de extrema importância já estão presentes no mercado brasileiro e mundial há muito tempo, mas por falta de informação sobre o material, resistência de construtores em modificar métodos construtivos e falta de investimento e demanda demoraram a ser implantados na construção civil brasileira.

BIBLIOGRAFIA

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Projeto e execução de estruturas de concreto armado. NBR 6118, 2004.
- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Execução de Estruturas de Concreto. NBR 14931, 2004.
- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré moldado. NBR 9062
- Augusto, Amoldo Wendler Filho et al. Coletânea de ativos – “Paredes de Concreto” (site IBTS).
- Bauer, Luiz A. Falcão. Materiais de construção 1. 2ª ed. 1985.
- Faria, Renato. Paredes Maciças. Revista Técnica. Fevereiro de 2009. 143.
- Franco, Luiz S. Apostila de Tecnologia da Construção Civil, aula 4B. Universidade Federal da Bahia (UFBA).
- Loturco, Bruno. Missão Colômbia. Revista Técnica. Janeiro de 2007.130.
- Misurelli, Hugo; Massuda, Clóvis. Como construir paredes de concreto. Revista Técnica. Junho de 2009. 147
- Petrucci, Eladio G. R. Concreto de Cimento Portland. 11ª edição / por Vladimir Antonio Paulon. 1987
- Revista Alumínio. Fevereiro de 2011. Edição 18. Construção padronizada
- Vasconcelos, Augusto Carlos. O Concreto no Brasil, Pré-fabricação – Monumwntos – Fundações. Volume 3. Studio Nobel. 2002.
- WWW.cimentobrasil.com (Manual do Concreto - Concreto Cortesia)
- <http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/aditivo.html>

- <http://www.abesc.org.br/pdf/manual.pdf>
- WWW.ibts.org.br (Instituto Brasileiro de Telas Soldáveis)
- WWW.realmixconcreto.com.br