

DIOGO TADEU RAMOS GONÇALVES

**PLANEJAMENTO DA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS EM
CONCRETO ARMADO PARA EDIFÍCIOS: ESTUDO DE CASO EM
OBRA COM RESTRIÇÕES E LIMITAÇÕES OPERACIONAIS**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Especialista em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios.

Área de concentração: Engenharia Civil

São Paulo

2009

DIOGO TADEU RAMOS GONÇALVES

**PLANEJAMENTO DA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS EM
CONCRETO ARMADO PARA EDIFÍCIOS: ESTUDO DE CASO EM
OBRA COM RESTRIÇÕES E LIMITAÇÕES OPERACIONAIS**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Especialista em Tecnologia e Gestão
na Produção de Edifícios.

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientador: Prof. M. Eng. Tomás
Mesquita Freire

São Paulo

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Ramos Gonçalves, Diogo Tadeu

Planejamento da execução de estruturas em concreto armado para edifícios: estudo de caso em obra com restrições e limitações operacionais / D.T. Ramos Gonçalves. -- São Paulo, 2009.

212 p.

Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Estruturas de concreto armado (Planejamento, Construção) 2. Edifícios I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

*Dedico este trabalho a **Deus** e
aos meus inesquecíveis avós,
Afonso e Oscarlina,
pelo exemplo de vida.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. M. Eng. Tomás Freire, pela dedicação, orientação, atenção, compreensão e conselhos que permitiram o desenvolvimento deste trabalho.

À Prof. Dra. Mércia M. S. B. Barros, pela atenção e conselhos. Também não poderia deixar de agradecê-la pelos e-mails enviados com a intenção de motivar os alunos.

Aos meus colegas do MBA, pelos bons momentos que compartilhamos. Agradeço ainda de modo especial ao Diego, Henrique e Cássio, pelo companheirismo, pelas conversas e principalmente pela amizade.

À minha amiga Cynthia, pelas dicas e pela ajuda na revisão do trabalho.

Ao Eng. M. Antonio Carlos Zorzi, pela ajuda e confiança depositada.

Aos engenheiros Flávio Cuperman e Raphael Giannoni, pelos conhecimentos transmitidos visto que contribuíram muito para o meu desenvolvimento profissional e a melhora na elaboração deste trabalho.

À equipe de produção da Obra Paulistânia, pela troca de experiências e pelo comprometimento.

À Construtora Cyrela Brazil Realty, por valorizar o desenvolvimento e aprimoramento de seus funcionários, além do apoio financeiro na realização deste curso.

À minha querida namorada Beth, pelo amor, pela ajuda, motivação, compreensão e apoio em todos os momentos. Agradeço também a Dona Iara pelas cobranças e incentivos para o término do trabalho.

Finalizando, aos meus queridos pais, Tadeu e Vera, e a minha querida irmã, Tainá, pelo incentivo e por sempre torcerem pelo meu sucesso.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	V
LISTA DE TABELAS.....	XII
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivo do trabalho	3
1.2. Justificativa	3
1.2.1 A importância do planejamento	3
1.2.2 Escolha da etapa estrutura de concreto armado	5
1.3. Metodologia	6
1.4. Estrutura do trabalho	7
2. PLANEJAMENTO DE OBRAS	9
2.1 Conceituação.....	9
2.2 Visão Geral.....	10
2.3 Diagnóstico do processo de planejamento da produção	11
2.3.1 Dificuldades para realização do planejamento.....	11
2.4 Hierarquia do planejamento	14
2.4.1 Planejamento Estratégico.....	15
2.4.2 Planejamento Tático.....	16
2.4.3 Planejamento Operacional.....	17
2.5 Planejamento operacional na construção civil	18
2.5.1 Planejamento Operacional no canteiro de obras.....	20
2.6 Importância da informação no processo de decisão	21
3. PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO PARA EDIFÍCIOS.....	23
3.1 Visão geral.....	23
3.2 O sistema de fôrmas	26
3.2.1 Definição.....	26

3.2.2	Características do sistema de fôrmas	28
3.2.3	Custo do sistema de fôrmas.....	30
3.2.4	Classificação dos elementos do sistema de fôrmas.....	31
3.2.5	Classificação e descrição do sistema de fôrma para concreto.....	37
3.2.5.1	Sistema tramado.....	40
3.2.6	Mão-de-obra.....	46
3.3	Armação	47
3.3.1	Processo de execução da armação.....	48
3.3.1.1	Etapas da execução da armação.....	53
3.3.2	Mão-de-obra.....	59
3.4	Passagens e embutidos no concreto.....	60
3.4.1	Posicionamento das passagens no concreto.....	60
3.4.2	Posicionamento de embutidos no concreto.....	61
3.4.3	Mão-de-obra.....	62
3.5	Concretagem.....	63
3.5.1	Processo de execução da concretagem.....	63
3.5.2	Mão-de-obra.....	71
3.5.3	Etapas e controle do processo de concretagem.....	72
3.6	Características da produção de estruturas de edifícios de múltiplos pavimentos.....	72
3.6.1	Produção da região da torre.....	73
3.6.2	Produção da região da periferia.....	75
4.	ESTUDO DE CASO.....	76
4.1	Apresentação da empresa.....	76
4.2	Apresentação da obra.....	77
4.2.1	Caracterização do empreendimento.....	78
4.2.2	Caracterização das principais restrições e limitações operacionais.....	80
4.3	Planejamento e logística dos serviços que antecedem a estrutura.....	83
4.3.1	Estudos prévios ao início da obra.....	83
4.3.1.1	Identificação do caminho crítico e definição do plano de ataque para execução da obra.....	87
4.3.2	Instalações provisórias e mobilização do canteiro.....	89
4.3.3	Demolição e contenções.....	90
4.3.4	Trabalhos em solo.....	91
4.3.5	Fundações.....	94
4.4	Planejamento e produção da estrutura de concreto armado.....	96
4.4.1	Caracterização da estrutura.....	96
4.4.1.1	Índices representativos.....	98
4.4.2	Projeto de produção de fôrmas.....	99

4.4.3 O sistema de fôrmas	101
4.4.3.1 Caracterização da estrutura	101
4.4.3.2 Mão-de-obra	103
4.4.3.3 Divisão das equipes.....	104
4.4.3.4 Forma de remuneração e acordos com as equipes	106
4.4.4 A produção da armadura.....	106
4.4.4.1 Forma de contratação.....	106
4.4.4.2 Programação	107
4.4.4.3 Recebimento e estocagem	108
4.4.4.4 Processamento	108
4.4.4.5 Mão-de-obra	109
4.4.5 A execução de passagens e embutidos no concreto.....	109
4.4.5.1 Mão-de-obra	110
4.4.6 a execução da concretagem	110
4.4.6.1 Recebimento.....	110
4.4.6.2 Transporte.....	111
4.4.6.3 Aplicação	111
4.4.6.4 Mão-de-obra	113
4.4.7 Identificação do caminho crítico e definição do plano de ataque para execução da estrutura de concreto armado a execução da concretagem....	113
4.4.7.1 Montagem da central para produção de fôrmas.....	113
4.4.7.2 Produção da estrutura de concreto da periferia	114
4.4.7.3 Pavimento protótipo para montagem das fôrmas.....	118
4.5 Resultados obtidos	120
4.5.1 Justificativa para escolha dos pavimentos a serem avaliados.....	120
4.5.2 Produtividade da mão-de-obra para montagem de fôrmas	120
4.5.3 Cronograma de produção.....	123
4.5.4 Avaliação da qualidade da estrutura de concreto armado.....	123
4.5.5 Avaliação da espessura do revestimento de fachada com argamassa	128
4.6 Proposição de recomendações para execução de estruturas em concreto armado.....	130
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	142
5.1 Cumprimento dos objetivos	142
5.2 Inserção do trabalho no contexto acadêmico e profissional	143
5.3 Avaliação crítica do trabalho.....	144
5.4 Sugestões para trabalhos futuros.....	144
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146
ANEXO 1.....	150

ANEXO 2.....	166
ANEXO 3.....	187
ANEXO 4.....	193
ANEXO 5.....	198
ANEXO 6.....	204
ANEXO 7.....	206
ANEXO 8.....	209

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Encaminhamento genérico das atividades envolvidas na pesquisa.....	7
Figura 2.1 – Ciclo de vida de um empreendimento – Fonte: notas de aula FREIRE (2005).....	19
Figura 2.2 – Representação da influência do projeto na construção – Fonte BARRIE & PAULSON, 1978 apud VELLETRI, 2000.....	20
Figura 3.1 – Esquema genérico da produção de elementos de concreto armado - Fonte: FREIRE (2001).....	25
Figura 3.2 – Estrutura de um edifício executada em concreto armado.....	26
Figura 3.3 - a) Concretagem dos pilares; b) Estrutura desformada e reescorada.....	26
Figura 3.4 – Rugosidade de uma laje executada com molde plástico (após desforma).....	27
Figura 3.5 – Armação da laje apoiada pelo sobre o assoalho de madeira.....	27
Figura 3.6 – Eletrodutos embutidos no concreto da laje, posicionados sobre o assoalho de madeira.....	27
Figura 3.7 – Atividades de armação e concretagem executadas sobre o sistema de fôrmas.....	28
Figura 3.8 – Estrutura de uma laje recém concretada.....	28
Figura 3.9 – Pilar concretado com perda de água e finos de cimento, devido a frestas com dimensões acima da tolerância.....	29
Figura 3.10 – Molde para laje com fôrma em chapa de madeira compensada.....	32
Figura 3.11 – Molde de laje nervurada com fôrma em plástico reforçado.....	32
Figura 3.12 – Molde de laje com fôrma em painel sintético.....	32

Figura 3.13 – Molde de laje com estruturação em madeira.....	33
Figura 3.14 – Molde em pré-laje.....	33
Figura 3.15 – Molde em madeira para fôrmas de vigas e pilares.....	33
Figura 3.16 – Molde metálico para fôrma de viga.....	34
Figura 3.17 – Molde sintético para fôrma de vigas e lajes.....	34
Figura 3.18 – Molde em papelão para fôrma de pilares.....	34
Figura 3.19 – Molde metálico para fôrmas de paredes.....	35
Figura 3.20 – Escoramento em madeira: a) Lajes; b) Vigas.....	35
Figura 3.21 – Escoramento em madeira e aço: a) Vigamento em madeira e escoras metálicas; b) imagem com visão geral. Fonte: Peri, s.d.....	36
Figura 3.22 – Escoramento com torres metálicas e vigas de madeira.....	36
Figura 3.23 – Elementos constituintes do sistema de fôrmas e suas respectivas funções – Fonte: FREIRE (2001).....	37
Figura 3.24 - a) Montagem de fôrma de parede (Doka, s.d.); b) Modelo de fôrma modular para parede (Ulma, s.d.).....	38
Figura 3.25 – Tipos de conectores utilizados para fazer a ligação entre os painéis modulares: a) Grampo (Meva, s.d.); b) Clip (Peri, s.d.).....	39
Figura 3.26 – Cabeça descendente para escoras: a) Cabeça na posição superior, com os painéis de laje apoiados; b) Cabeça na posição inferior, após a desforma da laje. Fonte – FREIRE (2001).....	39
Figura 3.27 - Sistema modular para lajes: a) montagem dos painéis apoiando-os em vigas metálicas; b) vista inferior do sistema montado – FREIRE (2001).....	39
Figura 3.28 - Divisão esquemática, dos sistemas de fôrmas, baseada nos elementos estruturais a serem moldados e na modulação dos painéis – Fonte FREIRE (2001).....	40

Figura 3.29 - Esquema genérico de fôrma para parede utilizando o sistema tramado – Fonte: PETERS, 1991 apud FREIRE 2001.....	42
Figura 3.30 - Fôrmas de pilar com grade de madeira, vigas de travamento metálicas, barras de ancoragem e mãos-francesas em cantoneiras metálicas.....	42
Figura 3.31 - Sistema tramado para lajes: a) montagem da trama, com vigamento superior e inferior apoiado em forçados de escoras pontuais; b) Visão geral do sistema com molde em chapa de compensado, vigamentos superior e inferior constituído de sarrafos e vigas sanduíche de madeira e escoramento com pontaletes com cruzetas.....	43
Figura 3.32 - Sistema tramado com molde em chapa de compensado, vigamentos superior e inferior constituído de sarrafos e vigas sanduíche de madeira e escoramento com pontaletes com cruzetas – Fonte: FREIRE (2001).....	43
Figura 3.33 - Fôrmas de viga: a) Painéis estruturados com sarrafos, travamento com viga sanduíche e barras de ancoragem, além do prolongamento das pernas dos garfos, e escoramento com garfos de madeira; b) Painéis estruturados com sarrafos e escoramento com escoras pontuais com cruzetas – Fonte: FREIRE (2001).....	44
Figura 3.34 - Exemplo de flexibilidade do sistema tramado com a moldagem de laje em formato triangular: a) vista inferior do cimbramento da laje; b) vista superior do molde da laje – Fonte: FREIRE (2001).....	45
Figura 3.35 - Sistema tramado para lajes: a) transporte de mesa voadora (Doka, s.d.); b) vigamento superior e inferior em aço, apoiados em torres metálicas – Fonte FREIRE (2001).....	45
Figura 3.36 – Fluxograma de produção das armaduras para o aço entregue em barras. Adaptado de FACHINI (2005).....	49
Figura 3.37 – Fluxograma de produção das armaduras para o aço entregue já cortado e dobrado. Adaptado de FACHINI (2005).....	49

Figura 3.38 – Exemplo de planilha utilizada para programação do aço – Fonte Manetoni, s.d.....	51
Figura 3.39 – Planta e vista da fachada de uma central de processamento do aço no canteiro de obras. Fonte: BARROS et al (2006).....	53
Figura 3.40 – Tesourão.....	54
Figura 3.41 – Máquina de corte elétrica (poli corte).....	54
Figura 3.42 – Máquina de corte hidráulica.....	55
Figura 3.43 – Ilustração de máquina mecânica para corte do aço. Fonte: SENAI (1980) apud BARROS et al (2006).....	55
Figura 3.44 – Dobramento manual do aço no canteiro com a utilização da bancada.....	56
Figura 3.45 – Ferramentas utilizadas para dobramento manual do aço no canteiro: a) chave de dobra e; b) Pinos fixados na bancada.....	56
Figura 3.46 – Pré-montagem de um pilar na central de armação.....	57
Figura 3.47 – Posicionamento da armadura do pilar com a utilização da grua.	57
Figura 3.48 – Pré-montagem da armação de uma laje.....	58
Figura 3.49 – Encontro da armadura da viga e do pilar: grande quantidade de barras e a dificuldade do armador em recolocar os estribos.....	59
Figura 3.50 – Conferência da montagem da armadura de um pilar.....	59
Figura 3.51 – Passagens no concreto em caixas de chapa de madeira compensada e tubos de PVC; e marcação das paredes com tinta.....	60
Figura 3.52 – Posicionamento da caixa de elétrica sobre a fôrma.....	62
Figura 3.53 – Passagem dos eletrodutos: a) funcionário executando a furação; b) molde já furado e marcação da fôrma com riscos.....	62
Figura 3.54 – Fluxograma esquemático das etapas da concretagem - Fonte: FREIRE (2001).....	63

Figura 3.55 – Transporte do concreto até o local de aplicação: a) uso de bomba estacionária até o pavimento; b) uso de jericá para transporte do concreto até a peça a ser concretada.....	66
Figura 3.56 – Lançamento do concreto através da bomba com auxílio da mão-de-obra.....	66
Figura 3.57 – Mapa de concretagem sendo preenchido pelo encarregado do pavimento.....	67
Figura 3.58 – Espalhamento do concreto com o auxílio de enxadas.....	68
Figura 3.59 – Vibradores de imersão: a) adensamento da concretagem do pilar; b) Ilustração do vibrador de imersão (Fonte: Procedimento executivo – Cyrela).....	69
Figura 3.60 – Régua vibratória.....	69
Figura 3.61 – Nivelamento do concreto com régua de alumínio.....	70
Figura 3.62 – Cura da laje utilizando o represamento de água.....	71
Figura 3.63 – Subsistemas de produção do edifício – Fonte ASSUMPÇÃO e ROCHA LIMA JR (1996).....	73
Figura 3.64 – Fluxograma das atividades do pavimento tipo - Fonte ASSUMPÇÃO e ROCHA LIMA JR (1996).....	74
Figura 4.1 – Implantação geral do empreendimento.....	77
Figura 4.2 – Perspectivas artísticas das torres do empreendimento: a) Torre Panorama; b) Torres Horizonte e Mirante.....	78
Figura 4.3 – Exemplo da apresentação do projetista estrutural - Indicação do “fck” dos pilares e lajes – Fonte: FRANÇA & ASSOCIADOS.....	86
Figura 4.4 – Locação dos bolsões, grua e cremalheiras. Definição da área de alcance da grua.....	88
Figura 4.5 – Projeto de escavação.....	91

Figura 4.6 – Escavação e demolição (abril/2006).....	92
Figura 4.7 – Fluxo dos caminhões para retirada de terra (junho/2006).....	93
Figura 4.8 – Gabarito e fundação da Torre Mirante (junho/06).....	93
Figura 4.9 – Execução de estaca raiz na Torre Horizonte (julho/2006).....	94
Figura 4.10 – Prolongamento dos pilares e reaterro da Torre Horizonte (agosto/2006).....	95
Figura 4.11 – Montagem da fôrma do piso do 4º subsolo da Torre Panorama (agosto/06).....	96
Figura 4.12 – Planta de fôrma do pavimento tipo da Torre Panorama.....	97
Figura 4.13 – Planta do pavimento tipo das Torres Horizonte e Mirante.....	98
Figura 4.14 – Detalhe genérico do pilar – Fonte Projeto de Fôrmas (ASSHAI).....	100
Figura 4.15 – Detalhe para painel do pilar – Fonte Projeto de Fôrmas (ASSHA).....	100
Figura 4.16 – Detalhe cantoneira para painel do pilar – Fonte Projeto de Fôrmas (ASSHAI).....	100
Figura 4.17 – Fôrma para molde dos pilares.....	101
Figura 4.18 – Fôrma para molde das vigas e encontro com pilar.....	102
Figura 4.19 – Fôrmas e garfos de madeira para escoramento das vigas.....	102
Figura 4.20 – Cimbramento das lajes – Fonte: Peri, s.d.....	103
Figura 4.21 – Cimbramento com vigas tipo H20.....	103
Figura 4.22 – Assoalho em madeira compensada plastificada.....	103
Figura 4.23 – Exemplo de planilha para programação do aço.....	107
Figura 4.24 – Estocagem do aço recebido e das peças pré-montadas.....	108
Figura 4.25 – Pré-montagem de um pilar na central de armação do térreo.....	108

Figura 4.26 – Passagens no concreto utilizadas pela obra: caixas em chapa de madeira compensada e tubos de PVC; e marcação das paredes com tinta.....	109
Figura 4.27 – Posicionamento de embutidos: caixa de elétrica sobre a fôrma.....	109
Figura 4.28 – Preenchimento do mapa de concretagem pelo encarregado.....	112
Figura 4.29 – Utilização do nível laser nas concretagens: a) fixação do nível laser em um ponto seguro e independente; b) Determinação das mestras e pontos de referência; c) Sarrafeamento do concreto.....	112
Figura 4.30 – Croqui com a divisão da periferia em trechos.....	115
Figura 4.31 – Estrutura da periferia no trecho 1 para ligação das torres 2 e 3.....	116
Figura 4.32 – Estrutura da periferia no trecho 2 para ligação da Rua Padre Antônio José dos Santos com as torres 1 e 3.....	116
Figura 4.33 – Estrutura da periferia no trecho 3 para ligação da Rua Pensilvânia com as torres 1 e 2.....	116
Figura 4.34 – Relatório enviado pela empresa responsável pelo fornecimento do cimbramento.....	117
Figura 4.35 – Planilha da obra para controle da retirada e devolução do cimbramento.....	118
Figura 4.36 – Planilha com a definição da espessura de argamassa para fachada.....	129
Figura 4.37 – Transporte de cimbramento utilizando a grua.....	139

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Características do concreto e do aço e as vantagens do concreto armado – Fonte: BARROS e MELHADO (2006).....	23
Tabela 3.2 – Custo médio incorrido nas obras A, B e C para a execução da estrutura de concreto armado dos pavimentos tipo - Fonte: ZORZI (2002)	31
Tabela 4.1 – Hierarquia do planejamento identificada na empresa	84
Tabela 4.2 – Índices representativos e valores específicos para a produção da estrutura da obra do estudo de caso, segundo proposta feita por ZORZI (2002)	98
Tabela 4.3 – Apontamento das horas trabalhadas na montagem de fôrmas da torre Panorama	121
Tabela 4.4 – Apontamento das horas trabalhadas na montagem de fôrmas da torre Horizonte.....	121
Tabela 4.5 – Apontamento das horas trabalhadas na montagem de fôrmas da torre Mirante.....	121
Tabela 4.6 – RUPs.....	122
Tabela 4.7 – Valores da variação das larguras das vigas internas em relação ao projeto, segundo a proposta feita por ZORZI (2002).....	125
Tabela 4.8 – Variação do alinhamento das vigas externas em relação à linha de referência, segundo a proposta feita por ZORZI (2002).....	126
Tabela 4.9 – Valor percentual da variação, em módulo, das seções dos pilares, segundo a proposta feita por ZORZI (2002).....	127
Tabela 4.10 – Variação absoluta dos prumos dos pilares segundo a proposta feita por ZORZI (2002).....	128

**PLANEJAMENTO DA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS EM
CONCRETO ARMADO PARA EDIFÍCIOS:
ESTUDO DE CASO EM OBRA COM RESTRIÇÕES E
LIMITAÇÕES OPERACIONAIS.**

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar as particularidades no planejamento da execução de estruturas em concreto armado para edifícios, face às restrições e limitações operacionais, maximizando os resultados de prazo, custo e qualidade com foco nas atividades sob a responsabilidade do engenheiro de obras.

A revisão bibliográfica, as consultas com profissionais do setor e o acompanhamento dos serviços no canteiro de obras, permitiram a organização do conhecimento quanto ao planejamento e a execução de estruturas em concreto armado. Tal conhecimento, abordado de forma analítica nos primeiros capítulos, permitiu a realização do estudo de caso, onde é apresentado o planejamento de um empreendimento considerando a estrutura em concreto armado como o caminho crítico das atividades.

Ao final do trabalho, são propostas resumidamente, algumas recomendações para a execução de estruturas em concreto armado, baseadas no estudo de caso.

O conjunto de informações organizado pode ser útil tanto no subsídio para o enriquecimento da formação, aperfeiçoamento e mudança na postura de profissionais da área de construção, quanto no auxílio na tomada de decisão e planejamento de novos empreendimentos.

**PLANEJAMENTO DE EXECUÇÃO DE CONCRETE
STRUCTURES FOR BUILDINGS:
CASE STUDY ON WORK WITH RESTRICTIONS AND
OPERATIONAL LIMITATIONS.**

ABSTRACT

This research intends to present the particularities in the execution planning of concrete armed structures for buildings, with emphasis of the operational restrictions and limitations, maximizing the results of cost, time and quality with focus on the tasks under de responsibility of the constructions engineer.

The bibliographical revision, the consultation with professionals of the sector and the attendance of the services in the building constructions in the worksite allowed the organization of knowledge about the planning and execution of concrete structures. This knowledge, boarded in an analytical form in the first chapters, allowed the accomplishment of this case, where is presented all the planning of an enterprise having considered the concrete structure as the main activity for the definition of the work period.

At the end of this research, some recommendations for the execution of concrete structures are offered based on the main solutions adopted on this case.

The information provided in this work can be useful providing enrichment to the training, improvement and change in mindset of professionals in the construction area, as well as help the decision-making and planning of new ventures.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vem investindo significativamente no planejamento das obras visando o aumento da competitividade, melhoria da qualidade, redução de prazos e redução de custos na construção e manutenção.

Nos últimos anos tornou-se visível a dificuldade de aquisição de bons terrenos, o aumento do custo dos mesmos, as rígidas e novas legislações e a necessidade da criação de diferenciais nos empreendimentos.

Adicionalmente, o mercado imobiliário sofre as influências da economia global, que neste momento enfrenta uma séria crise, aumentando ainda mais os desafios a serem vencidos. Desta forma, o desempenho das construções tem cada vez mais responsabilidade na sustentabilidade das empresas e dos empreendimentos, através do custo, prazo e qualidade. Portanto, cada empreendimento deve ser conduzido com a preocupação em apresentar um diferencial, agregando valor e atingindo bons resultados para a empresa.

Tais tendências influenciam diretamente no planejamento das obras, pois os prazos e os orçamentos foram reduzidos e os canteiros ficaram extremamente limitados, exigindo grande flexibilidade em todas as etapas da execução.

Segundo FACHINI (2005), a indústria da construção civil vem sofrendo mudanças substanciais, provocadas principalmente pelo crescimento da competição, redução da disponibilidade de recursos financeiros para as obras e diminuição do poder aquisitivo por parte dos clientes finais. Além disso, os consumidores estão cada vez mais exigentes em relação aos bens que estão adquirindo quanto à qualidade dos produtos e aos prazos de execução das obras. O Código de Defesa do Consumidor também forneceu meios legais para os mesmos reivindicarem seus direitos e garantiu-lhes o poder de negociação.

Neste sentido, as empresas vêm buscando diversas formas de aprimorar o planejamento e controle da produção, pois o custo nesta fase é relativamente

baixo. Podemos citar dentre outras medidas adotadas pelas empresas, treinamentos e programas que auxiliem seus gestores na tomada de decisões.

Muitos são os profissionais que têm consciência da importância do planejamento e seu impacto na produtividade e qualidade. Estes profissionais buscam novas ferramentas para auxiliar o planejamento no canteiro de obras visando alcançar as metas estabelecidas pelas empresas.

No entanto poucas são as empresas bem estruturadas. A maioria não possui procedimentos bem definidos, contratam projetos carentes de informações e detalhamentos, trazendo como resultado um planejamento inadequado e longe da realidade da produção.

A contratação inadequada de empreiteiros e fornecedores, onde na maioria das vezes as atribuições e responsabilidades não estão bem definidas ou quando os mesmos não apresentam as condições mínimas para executar a obra de forma satisfatória, prejudicam todo o processo de planejamento. Estas contratações ocorrem na maioria das vezes devido à falta de informações e parâmetros, tanto na fase de orçamento como na fase de planejamento.

A crescente preocupação com o planejamento trouxe consigo a necessidade de se entender as decisões necessárias nesta etapa. São exemplos: a escolha do tipo de tecnologia construtiva, dos equipamentos, das ferramentas, das formas de organizar o trabalho e os operários, das formas de contratação, do controle da produção, etc.

Neste trabalho, entende-se como “restrições e limitações operacionais” o conjunto de características e influências que impõem condições desfavoráveis à execução da obra, alguns exemplos são:

- As diversas legislações pela qual a obra deve se submeter em função da região onde está localizada;
- A disposição do canteiro (acesso, desníveis, dimensões, atividades preliminares à sua implantação, etc.);
- Interferências ambientais;
- Escassez de recursos físicos, financeiros e materiais;

- Procedimentos e diretrizes da empresa.

Neste contexto, a apresentação das particularidades no planejamento da execução de estruturas em concreto armado para edifícios proposto neste trabalho, servirá como suporte para outros profissionais, complementando trabalhos anteriores e subsidiando trabalhos futuros.

1.1 OBJETIVO DO TRABALHO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar as particularidades no planejamento da execução de estruturas em concreto armado para edifícios, face às restrições e limitações operacionais, maximizando os resultados de prazo, custo e qualidade com especial foco nas atividades sob a responsabilidade do engenheiro de obras.

Este trabalho busca apresentar, através do estudo de caso, as atividades que precedem e as envolvidas na produção da estrutura em concreto armado. Também serão relatadas as dificuldades encontradas e soluções adotadas em um empreendimento real, fazendo uma análise dos pontos positivos e negativos, auxiliando para o planejamento de novos empreendimentos.

1.2 JUSTIFICATIVA

1.2.1 A importância do planejamento

O objetivo de toda a empresa é executar uma estrutura de concreto armado com qualidade, de acordo com os prazos e custos previstos e com baixo custo de manutenção. Isso é possível de ser alcançado com um bom planejamento e controle dos serviços.

FACHINI (2005), afirma que a indústria da construção civil tem buscado ferramentas que visam alcançar melhorias no seu processo de produção. Com

isso, o planejamento da produção tem sido fundamental para antecipar problemas advindos das mais diversas áreas, como, por exemplo: suprimentos, recursos humanos, logística dos canteiros e organização da produção. O autor supracitado complementa que para melhorar a qualidade das resoluções dos problemas futuros deve-se realizar um esforço formal principalmente nas fases de projeto e durante o desenvolvimento do planejamento, ao invés de descobri-los somente durante a etapa de construção.

Na etapa de planejamento é possível determinar custos, prazos, metas, métodos de controle, analisar alternativas que possam se adequar às reais condições da obra e prevenir problemas e situações indesejadas, reduzindo ao máximo a necessidade de tomar decisões no canteiro.

Para FORMOSO et al. (2001) os gestores buscam utilizar ferramentas que possibilitem “pensar a obra previamente” obtendo grande quantidade de informações e melhorando suas decisões na etapa de execução.

Segundo ROCHA LIMA JR (1990), quando o campo da construção fica em segundo plano, a rentabilidade fica comprometida, pois os custos se desviam dos previstos, por força de prazos não cumpridos ou necessidade de retrabalhos.

Para realização do planejamento é importante o conhecimento antecipado sobre todo o processo construtivo, assim como o domínio da tecnologia a ser empregada.

Segundo BARROS (1996), a tecnologia envolve conhecimentos científicos e técnicos, bem como uma série de instrumentos e máquinas que devem ser utilizados em conjunto, objetivando a produção de bens.

Além disso, o planejamento e controle são medidas que buscam melhorar o desempenho do processo como um todo, através de medidas que protejam a produção das incertezas e dos efeitos gerados pelos imprevistos.

1.2.2 Escolha da etapa estrutura de concreto armado

A utilização do concreto armado para execução de estruturas para edifícios é extremamente freqüente no país. Segundo FAJERSZTAJN (1987), devido à facilidade de execução, o mesmo pode ser empregado desde estruturas mais simples até as mais complexas, de baixo a altíssimo padrão.

Para ZORZI (2002), a execução da estrutura representa o “caminho crítico” no cronograma de atividades de obra e determina o início de todas as atividades subseqüentes, sendo impraticável a recuperação de eventuais atrasos. Também é importante salientar que o custo da estrutura de concreto armado representa aproximadamente 20% do custo total de construção.

A execução da estrutura é uma somatória do sistema de fôrmas, armação e concretagem, sendo que cada um de seus componentes tem grande importância financeira nos custos totais da obra.

Para FREIRE (2001), a estrutura representa o “gabarito da obra”. Quando executada de forma inadequada e com baixa qualidade, afeta diretamente o custo próprio e dos demais subsistemas através de perdas incorporadas como espessuras acima do especificado, imprecisão geométrica, aumento na espessura dos revestimentos, aumento da probabilidade de surgimento de patologias e comprometimento do desempenho estrutural do edifício.

Paralelamente à importância da estrutura, foi determinante para a escolha do tema a dificuldade encontrada pelo autor no início de suas atividades como engenheiro de obras. A maioria das universidades trata o assunto de forma superficial ou simplesmente teórica, limitando-se somente a cálculos estruturais.

O que é corroborado por ASSUMPÇÃO (1988), afirmando como uma das causas que interfere na evolução dos sistemas de gerenciamento e planejamento no setor da construção civil nacional é a formação inadequada do profissional Engenheiro Civil, devido ao espaço muito reduzido para o desenvolvimento de disciplinas na área de administração e controle da produção dos cursos de graduação. O autor supracitado afirma ainda que, na maioria dos casos “estas disciplinas se resumem na apresentação de algumas técnicas de programação desenvolvidas para o setor industrial, sem o enfoque prático na construção civil, e sem considerar as especificidades do canteiro.”

Estes fatos, somados à falta de vivência e informações adequadas, resultam em planejamentos ineficazes, sujeitos a muitas readequações no decorrer das atividades.

Diante de tudo isto, entende-se que além da grande importância da estrutura em concreto armado, existe uma grande demanda e necessidade de publicações sobre as formas de gestão da produção.

1.3. METODOLOGIA

Partindo do conhecimento preliminar, foi realizado um levantamento bibliográfico visando aprofundar o conhecimento sobre o assunto. Após obtenção das informações iniciais, surgiram muitas dúvidas que foram esclarecidas através de contatos com fornecedores, projetistas, engenheiros, coordenadores e profissionais de empresas gerenciadoras de obras.

Paralelamente a estas atividades, foi desenvolvido o estudo de caso na obra em que o autor atua como engenheiro residente.

Com as informações levantadas e com base no estudo de caso, foram apresentadas as particularidades no planejamento e execução de estruturas em concreto armado.

A figura 1.1 ilustra o fluxograma das atividades e ações que permitiram alcançar os objetivos estabelecidos anteriormente.

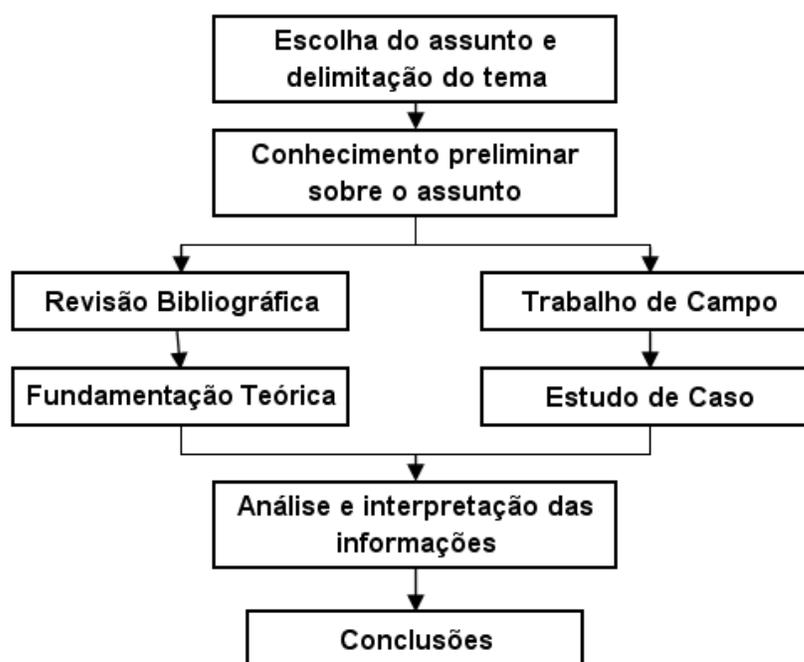


Figura 1.1 – Encaminhamento genérico das atividades desenvolvidas na pesquisa.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia é composta por cinco capítulos.

O primeiro é relativo à introdução, apresentando os objetivos, as justificativas e a metodologia adotada para realização da pesquisa.

O segundo capítulo aborda o planejamento ressaltando a sua importância na execução dos empreendimentos. Este capítulo apresenta os principais conceitos e as dificuldades para a realização do planejamento.

No capítulo três, a partir da revisão bibliográfica, da entrevista com profissionais e da vivência no canteiro de obras são apresentados os serviços envolvidos na produção de estruturas em concreto armado. Também são apresentados para cada serviço os conceitos, as funções e as etapas necessárias para sua execução.

O capítulo quatro apresenta o estudo de caso. Nele, além da caracterização da obra, são apresentados os serviços envolvidos na produção da estrutura em concreto armado de um empreendimento real, assim como as atividades que a

antecedem. Em seguida, de forma resumida, são apresentadas algumas recomendações obtidas a partir da revisão bibliográfica e do estudo de caso.

O capítulo cinco apresenta as considerações finais e discute o cumprimento dos objetivos.

CAPÍTULO 2 - PLANEJAMENTO DE OBRAS

2.1 CONCEITUAÇÃO

Existem várias definições para planejamento, VARALLA (2003) apud PASTOR JR., o define como um processo de previsão de decisões que envolvem o estabelecimento de metas e a definição dos recursos necessários para atingi-las. Segundo o autor, o processo de planejamento é caracterizado pelas seguintes atividades:

- Definição dos envolvidos e suas responsabilidades;
- Definição e coleta das informações necessárias, tais como: projetos das diferentes disciplinas envolvidas, especificações e normas técnicas, orçamentos, etc;
- Definição do prazo para realização do planejamento;
- Definição dos recursos necessários para realização do planejamento, estabelecendo quais serão as técnicas e ferramentas a serem utilizadas para executar o planejamento.

A monitoração dos resultados e a tomada de decisões também são atividades importantes no processo de planejamento.

FORMOSO et al (2001), define o planejamento como um processo gerencial, que envolve a definição de metas e determina os procedimentos para atingi-las, sendo eficaz somente quando realizado em conjunto com o controle. Na opinião do autor não existe a função controle sem planejamento e este se torna inócuo sem o controle.

Segundo ASSUMPÇÃO (1998), o planejamento define planos e os controla, além de estabelecer parâmetros para uma maior racionalização da produção. Neste contexto o planejamento tem um caráter de manipulação e geração de informação e diretrizes.

Segundo o autor supracitado, pode-se dizer que o planejamento transita entre o projeto e o empreendimento, atuando como instrumento de interligação entre eles.

Neste trabalho ao tratar do assunto planejamento, não são abordadas análises sobre custos, elaboração de orçamentos de obra, estudos de viabilidade e proposição de ferramentas e técnicas para sua execução. Houve a preocupação em tratar dos chamados “gargalos” e decisões no que se refere ao planejamento e controle da produção, propriamente ditos, que terão impacto na produtividade e no custo de contratação e execução da obra.

2.2 VISÃO GERAL

Para FACHINI (2005), o planejamento cumpre papel fundamental na execução de uma obra, pois através deste é possível discutir antecipadamente o que deve ser feito, quais os recursos necessários e a seqüência das atividades, possibilitando a avaliação dos prazos executivos associados a diferentes posturas construtivas.

Na maioria dos casos, o planejamento da obra é resumido à elaboração do orçamento e cronograma físico, entretanto, estes ainda não são devidamente acompanhados e controlados, comprometendo o prazo da obra assim como seus custos.

O planejamento da execução de estruturas de concreto armado é de extrema importância na produção de edifícios. Nesta etapa definimos o caminho crítico de praticamente todos os demais subsistemas.

Diretamente ligado ao planejamento está o controle. Nesta etapa podemos acompanhar e avaliar o que foi planejado e principalmente replanejar, o que é fundamental para que o mesmo não se torne obsoleto. Além disso, através do controle podemos tomar ações preventivas para futuros planejamentos.

Para FACHINI (2005), através do controle é possível reavaliar o que foi programado e retroalimentar a programação, contribuindo para o aumento na qualidade das decisões dos gestores.

O presente trabalho foca a etapa de planejamento, salientando a importância do controle, porém esta etapa será tratada com mais ênfase na apresentação do estudo de caso.

2.3 DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

Atualmente encontramos várias situações quanto ao processo de planejamento da produção nas principais empresas do ramo, não existindo um consenso mesmo entre as mais estruturadas. Dentre as situações encontramos empresas onde o planejamento é centralizado em um departamento específico, outras em que é feito pela equipe da obra, por empresas terceirizadas, etc.

2.3.1 Dificuldades para realização do planejamento

Várias são as causas para a falta de planejamento no setor da construção. Neste tópico serão discutidos as principais dificuldades e problemas enfrentados pelas empresas.

Na opinião de ASSUMPÇÃO (1996), as empresas do setor têm se apoiado em conceitos, técnicas e metodologias desenvolvidas para ambientes de produção industrial, tanto para procedimentos administrativos como para os de programação e controle da produção. No primeiro caso, as adaptações são mais fáceis, pois os procedimentos administrativos são semelhantes. Quanto à programação e controle de produção as dificuldades são maiores, pois os sistemas desenvolvidos nem sempre reproduzem as situações que ocorrem na construção civil, resultando em sistemas de planejamento inadequados e de baixa eficiência.

Para BERNARDES (2001) apud FACHINI (2005), numa pesquisa realizada, foram levantadas algumas deficiências no sistema de planejamento conforme elencadas abaixo:

- Dificuldade do engenheiro de produção em organizar o próprio tempo de trabalho, pois na maioria das vezes estes gerenciam mais de uma obra, levando ao acúmulo de atividades. O processo de planejamento necessita de um período de tempo com qualidade, livre de interferência e interrupções;
- Falta de integração na hierarquia do planejamento, ou seja, deve haver uma ligação entre os planos de longo, médio e curto prazo visando facilitar o controle e definição dos recursos para execução dos serviços;
- Inexistência de um plano em médio prazo, que auxilia na manutenção da consistência entre o plano de longo e curto prazo;
- Ausência de formalização e sistematização na elaboração do plano de curto prazo, tornando difícil o controle e a análise do processo de planejamento;
- Desconsiderações de recursos financeiros que geram dificuldades para o cumprimento do que foi planejado;
- Estabelecimento de metas impossíveis de serem atingidas, exigindo das equipes de produção índices superiores às suas capacidades máximas, trazendo sérias conseqüências ao sucesso do planejamento;
- Falta de envolvimento do mestre de obras na preparação dos planos de curto prazo e sua falta de comprometimento para cumpri-los, através de sua autonomia na forma de execução dos serviços;
- Programação dos recursos de forma e período inadequados influenciando na continuidade dos serviços;
- Controle informal, sem a utilização de indicadores referentes à produção e ao processo de planejamento para realização de ações corretivas. Além disso, a troca de informações verbais gera falta de comprometimento por parte dos responsáveis e muitas vezes o que foi planejado cai no esquecimento.

FORMOSO et al. (2001), relata que o planejamento e controle da produção com freqüência é encarado como um trabalho isolado, como um departamento

das empresas ou até como uma técnica para geração dos planos de ação. A falta de visão de processo faz com que os planos gerados dependam de uma base de informações consistentes e de procedimentos que garantam a disseminação das informações geradas, no formato adequado e no tempo certo.

Segundo o autor supracitado, a incerteza inerente do processo de construção é freqüentemente negligenciada, sendo que muitos têm a expectativa de eliminá-la fazendo estudos e planos detalhados de atividades e operações desde as etapas iniciais do empreendimento. Muitos não entendem que a incerteza é inerente ao processo de construção devido à variação dos produtos, condições locais, natureza dos processos de produção e da própria falta de domínio das empresas sobre estes.

Os planejamentos feitos em longo prazo e com alto grau de detalhamento tendem-se a se tornar pouco eficazes. Quanto maior o prazo entre a elaboração do plano e sua execução, maior é o grau de incerteza existente. Além disso, os planos excessivamente detalhados demandam grandes esforços para sua atualização.

Outro fator relevante é a informalidade no planejamento, realizado muitas vezes sem vínculos com a estratégia da empresa, com o orçamento previsto ou de forma improvisada. Isto torna tais planos ineficazes e facilmente desatualizados. Além disso, a falta de registros devido à informalidade impede a criação de um banco de dados para auxiliar futuros planejamentos adequados à situação de cada empresa.

No entanto, também encontramos o outro extremo da situação citada no parágrafo anterior. Neste caso, ocorre o uso excessivo da informática através de avançados programas que geram uma grande quantidade de dados. Muitas vezes a equipe não está preparada para interpretá-los e realizar as devidas ações.

Portanto, é fundamental para a melhoria do processo de planejamento e controle que ocorram mudanças de caráter comportamental. Tais mudanças incluem a consciência do trabalho em equipe, envolvendo todos os agentes na

elaboração dos planos, salientando a importância do planejamento e a necessidade de comprometimento para o cumprimento das metas.

2.4 HIERARQUIA DO PLANEJAMENTO

O planejamento pode ser classificado como tendo três níveis hierárquicos principais de acordo com a abrangência sobre a organização: estratégico, tático e operacional.

FORMOSO et al. (2001) relata que cada nível citado acima pode ser subdividido em mais níveis e etapas de acordo com a necessidade de cada empresa ou empreendimento.

ASSUMPÇÃO (1996) descreve resumidamente cada nível do processo de planejamento, conforme abaixo:

- Planejamento estratégico: neste nível os dados são manipulados e geram informações ao nível da empresa, considerando sua interface com o mercado e direcionando os investimentos para atingir os objetivos de longo prazo;
- Planejamento tático: subsidia decisões em médio prazo que definem os empreendimentos a serem implantados;
- Planejamento operacional: discute em curto prazo estratégias e metas de produção.

Na construção civil nacional, geralmente quando se trata de longo prazo associamos as atividades que ocorrerão num período de 5 a 10 anos, médio prazo para ocorrências num período entre 2 e 5 anos, e curto prazo tratamos as atividades que ocorrerão nos próximos 2 anos. É importante lembrar que a definição destes prazos pode ser diferente em função da cultura da empresa e das atividades em questão.

Ao discutir as hierarquias citadas acima é fundamental tratar das decisões a serem tomadas em cada uma das etapas e a importância do planejamento para subsidiá-las.

Os principais conceitos dos níveis hierárquicos apresentados acima serão tratados nos tópicos seguintes. Entretanto, neste trabalho será enfatizada a hierarquia do planejamento operacional.

2.4.1 Planejamento Estratégico

O planejamento estratégico abrange toda a organização, definindo sua relação com seu ambiente. Neste nível são estabelecidos a missão, os produtos e serviços a serem oferecidos, os clientes e mercados a serem atendidos e outros objetivos (MAXIMIANO, 2004).

Para ASSUMPÇÃO (1996), no nível estratégico são tomadas decisões no sentido de estabelecer as políticas de ação da empresa frente ao mercado. Segundo o autor, nesta etapa são definidos os objetivos de longo prazo, relacionados com a missão da empresa e seu comportamento perante o mercado. A definição destes objetivos depende da capacidade de investimentos, de sua atuação frente ao mercado e da vontade ou anseios de seus dirigentes.

OLIVEIRA (2002) apud FACHINI (2004), relatam que o planejamento estratégico é responsabilidade dos níveis mais altos da empresa onde são formulados os objetivos, levando em conta as condições externas e internas. Também é um processo que proporciona sustentação metodológica para se estabelecer a melhor direção a ser seguida, visando à interação com o ambiente e atuando de forma inovadora e diferenciada.

Segundo ANTONIOLI (2003), o planejamento estratégico tem como sua principal finalidade identificar corretamente os problemas relevantes que podem impedir a organização de atingir seus objetivos. Portanto, torna-se necessário nesta etapa contemplar visões de longo prazo sobre as expectativas que a organização e seus usuários têm sobre seus negócios.

No contexto de empreendimentos, ao nível de planejamento estratégico, são definidos os objetivos a partir do cliente e são estabelecidas as metas para atingi-los, como: definição de prazos, fontes de financiamentos, parcerias, etc.

Este nível, apesar de não estar diretamente ligado à produção, gera informações fundamentais para a elaboração dos planos táticos e operacionais.

2.4.2 Planejamento tático

MAXIMIANO (2004), relata que o planejamento tático traduz o planejamento estratégico em ações especializadas, como: recursos humanos, suprimentos, financeiro, etc.

Para FORMOSO et al. (2001), o planejamento tático envolve principalmente a seleção e aquisição dos recursos necessários para atingir os objetivos do empreendimento, como: tecnologia construtiva, materiais a serem empregados e mão de obra.

Os parâmetros para decisão no nível tático são de caráter econômico e financeiro e são influenciados por variáveis de mercado. Dentre elas podemos citar: tipo de produto, preço e forma de pagamento, etc. (ASSUMPÇÃO, 1996).

Segundo o autor supracitado, neste nível são definidos os empreendimentos que irão viabilizar as políticas definidas no plano estratégico. Além disso, nele também são geradas definições sobre produtos a serem lançados, produtos já lançados e aqueles em fase de implementação.

Para ser eficiente e atender os objetivos previstos, o planejamento tático dever ser:

- *objetivo*: possibilitando o fácil entendimento a respeito dos objetivos, metas e prioridades estabelecidas;
- *estruturado*: coerente e vinculado ao planejamento de longo prazo;
- *manipulável*: atualizações e correções precisam ser regularmente efetuadas em função de alterações e mudanças que ocorrem durante sua execução;
- *executável*: devem ser previstos os recursos necessários que possibilitem a execução de ações estabelecidas.” (ANTONIOLI, 2003 apud FACHINI).

Para ANTONIOLI (2003), no planejamento tático os horizontes são menores, seus planos subsidiam o planejamento operacional e sua correta implantação é fundamental para o sucesso do planejamento estratégico.

2.4.3 Planejamento operacional

Para ASSUMPÇÃO (1996), no nível operacional da empresa são tomadas decisões para atender o cotidiano que se destinam a liberar ações de rotina burocrática, como, por exemplo: os suprimentos, contas a pagar e outras de apoio às atividades de construir.

Para o autor supracitado, as decisões do planejamento operacional no nível da produção estão vinculadas à rotina do canteiro. Estas decisões destinam-se a liberar ações de produção com as providências que possibilitem que estas sejam executadas a contento.

Segundo MAXIMIANO (2004), os planos operacionais definem atividades e recursos que permitem a realização dos objetivos dos níveis anteriores. Para o autor, nesta etapa são gerados cronogramas, decisões, projetos e outros tipos de planos como normas e procedimentos para o dia-a-dia.

FORMOSO et al (2001), relata que o planejamento operacional está relacionado principalmente na definição detalhada das atividades a serem realizadas, seus recursos e o momento de execução.

OLIVEIRA (2002) apud FACHINI (2004), relata que o planejamento operacional pode ser considerado como a formalização das metodologias de desenvolvimento e implantação estabelecidas nos níveis estratégicos e táticos. Neste nível de planejamento, têm-se basicamente planos de ação e operacionais.

PASTOR JR. (2007), define o planejamento operacional no canteiro de obras como um conjunto de técnicas, conceitos e ações de planejamento voltadas diretamente para as atividades de produção, sob a responsabilidade e comando do Gerente de Obras. As etapas que compõe este conjunto são:

- Conhecimento do projeto a ser realizado. MELHADO & AGOPYAN (1995) conceituam o projeto como sendo uma “atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução”.
- Especificações de desempenho do produto final;
- Identificação das atividades necessárias à realização do projeto;
- Definição de métodos e seqüências de execução;
- Definição de procedimentos e práticas administrativas e operacionais;
- Alocação dos recursos necessários: financeiros, físicos e temporais;
- Definição de responsabilidades;
- Monitoramento e controle da evolução em relação ao previsto;
- Encerramento e retroalimentação.

2.5 PLANEJAMENTO OPERACIONAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O planejamento é uma das etapas que compõe o ciclo de vida de um projeto ou empreendimento na construção civil. A figura 2.1 exemplifica as etapas de um projeto desde a sua concepção até a sua conclusão e o nível de esforço exigido em cada uma delas.



Figura 2.1 – Ciclo de vida de um empreendimento – Fonte: notas de aula FREIRE (2005).

Através da figura 2.1, podemos observar que as atividades de concepção e planejamento, apesar de necessitarem de menos esforços e recursos comparados à execução, são fundamentais para garantir o sucesso das subseqüentes.

Todas as decisões e informações geradas na fase de concepção e planejamento devem fornecer subsídios para que a execução seja feita de forma racional e otimizada, pois na maioria das vezes os problemas desta etapa são refletidos na conclusão acarretando transtornos bem mais significativos, envolvendo custos, mobilização de equipes, desgastes com os clientes, etc.

À medida que o projeto evolui, a capacidade de reduzir custos diminui. Quanto maior o investimento nas etapas de concepção e planejamento, maior a chance de bons resultados econômicos no projeto, na construção e no desempenho do produto final. A figura 2.2 exemplifica o raciocínio acima.

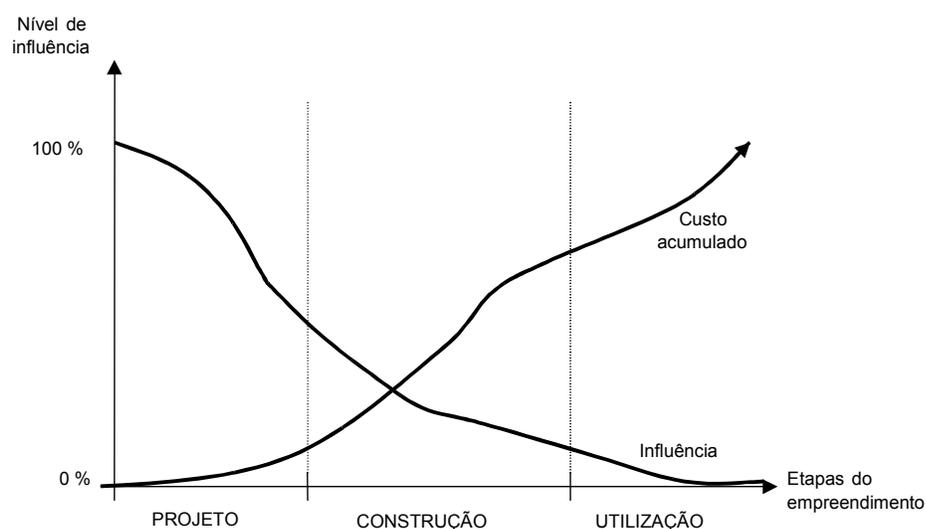


Figura 2.2 – Representação da influência do projeto na construção (BARRIE & PAULSON, 1978 apud VELLETRI, 2000).

Nas empresas de construção, grande parte das receitas é proveniente das etapas de execução e encerramento do projeto, ou seja, da obra propriamente dita. Portanto, é comum que estas empresas sejam induzidas a antecipar o início, visando iniciar o faturamento, trazendo como consequência o negligenciamento de etapas importantes.

Quando as etapas de concepção e planejamento são negligenciadas em função da antecipação do início, o sucesso do projeto fica comprometido. Estas etapas quando bem conduzidas proporcionam benefícios de redução de custos e prazos de execução e encerramento, além de permitir um melhor desenvolvimento do produto, que terá mais qualidade e, conseqüentemente, maior valorização. Os custos destas etapas quando comparados às demais é relativamente baixo e pode contribuir potencialmente para atingir os resultados esperados nas etapas seguintes (PASTOR JR., 2007).

2.5.1 Planejamento operacional no canteiro de obras

PASTOR JR. (2007), relata que o setor da construção civil é um dos que mais sofre com os impactos da volatilidade econômica e política, pois em momentos

de instabilidade os investimentos em novas edificações são os primeiros a serem suspensos.

Isso explica a falta ou a limitação no investimento em planejamento nos canteiros de obras. Geralmente esta etapa do planejamento cabe somente à experiência do engenheiro residente e sua equipe, sendo estes os responsáveis pelo resultado físico e econômico da obra.

As características acima associadas a processos de produção pouco racionais, com baixo grau de industrialização, grandes perdas e desperdícios, baixa qualificação da mão-de-obra e grandes deficiências nas áreas de planejamento, acompanhamento e controle caracterizam o setor como um dos mais atrasados na Indústria.

Outro fator relevante é que, normalmente o valor de comercialização de imóveis similares numa determinada região é muito semelhante. Neste caso, cabe às equipes de planejamento e produção a responsabilidade de criar diferenciais para redução de custos e prazos, visando garantir o resultado econômico do empreendimento.

Portanto, conclui-se que as construtoras devem deixar de encarar o planejamento operacional no canteiro de obras como uma despesa e investir de forma contínua e permanente nas ações de planejamento e controle. Estas providências influenciarão diretamente no resultado final do empreendimento.

2.6 IMPORTÂNCIA DA INFORMAÇÃO NO PROCESSO DE DECISÃO

Segundo ASSUMPÇÃO (1988), as decisões resultam de um processo de escolha, onde são analisadas alternativas avaliando os resultados e riscos associados a estas. Para o autor, é necessário prover de informações nos diferentes níveis de planejamento, na quantidade e qualidade correta, de forma que auxiliem no processo de escolha. Portanto, a informação torna-se fundamental para a tomada de decisões.

Para o autor supracitado, estas informações devem possibilitar a previsão de situações, o estabelecimento de diretrizes e o acompanhamento do desempenho do empreendimento.

Para FORMOSO et al (2001), dentro de cada nível hierárquico pode haver a necessidade de se subdividir em outros níveis. Isto varia em função de cada empreendimento. É fundamental em cada um destes níveis hierárquicos obterem-se informações em um nível de detalhe adequado. Para o autor, quando as informações são excessivamente detalhadas, o tomador de decisões tem dificuldade em interpretá-las, além de gastar muito tempo disseminando e atualizando esses dados.

No entanto, as informações que subsidiarão o planejamento da produção devem ser geradas a partir de fontes seguras, sempre associadas à cultura, à política da empresa e às particularidades do empreendimento. É recomendável que informações como custo de construção, indicadores de desempenho e produtividade devem ser obtidas dentro da própria empresa, ao longo do tempo e sempre as confrontando com valores do mercado.

No contexto da produção, a equipe de execução necessita de informações simples e de fácil entendimento, como data de início, término, o que e como deve ser feito (ex.: metas mensais e semanais, procedimentos executivos, tabelas de monitoração e recebimento dos serviços, etc.). Entretanto, na maioria das vezes são elaborados planos muito detalhados e de difícil interpretação pela equipe de produção, levando ao não cumprimento de sua função básica que é orientar a execução.

CAPÍTULO 3 – PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO PARA EDIFÍCIOS

3.1 VISÃO GERAL

A execução de estruturas em concreto armado ganhou espaço significativo na produção de edifícios desde seu surgimento. Atualmente é o sistema estrutural mais utilizado no país para edifícios de múltiplos pavimentos (BARROS e MELHADO, 2006).

FAJERSZTAJN (1987), relata que a grande utilização do concreto armado nas construções brasileiras deve-se a excelente compatibilidade entre o concreto e o aço, possibilitando a obtenção de estruturas monolíticas e hiperestáticas. O autor cita também outras vantagens como a adaptação a qualquer tipo de forma, facilidade de execução, resistência a efeitos térmicos, atmosféricos e a desgastes mecânicos, além de sua economia frente às outras opções disponíveis no mercado.

BARROS e MELHADO (2006), propõe a tabela 3.1 abaixo que exemplifica a união racional entre do aço com o concreto, que, com suas características próprias trazem as seguintes vantagens para o concreto armado:

Tabela 3.1 – Características do concreto e do aço e as vantagens do concreto armado Fonte: BARROS e MELHADO (2006).

Concreto	Aço	Concreto Armado
Boa resistência à compressão	Excelente resistência à tração	Versatilidade
Meio Alcalino	Necessita Proteção	Durabilidade
Rigidez	Esbeltez	Economia

Os edifícios produzidos em concreto armado muitas vezes recebem o nome de convencionais ou tradicionais, isto é, aqueles produzidos com uma estrutura de

pilares, vigas e lajes em concreto armado moldados no local (BARROS e MELHADO, 2006)

ZORZI (2002), afirma que no processo produtivo tradicional (com paredes de vedação e revestimentos convencionais) de edifícios, a estrutura representa o “caminho crítico” no cronograma das atividades de obra, sendo determinante para o início de quase todos os serviços subseqüentes.

Neste segmento, foi verificada a grande utilização do concreto armado para edifícios de múltiplos pavimentos conforme já comentado anteriormente, isto posto foram encontrados muitos trabalhos e publicações apresentando várias discussões sobre o assunto.

FREIRE (2001), caracteriza as tecnologias e formas de gestão adotadas na produção de estruturas em concreto armado na Grande São Paulo. O autor discute criticamente desde a concepção do projeto estrutural até as atividades envolvidas no processo de produção.

FACHINI (2005), também apresenta isoladamente todos os serviços referentes à execução da estrutura em concreto armado. Além disso, apresenta subsídios e diretrizes para a sua programação no nível operacional, bem como as operações envolvidas na produção de estruturas no canteiro de obras.

ZORZI (2002), propõe diretrizes para a racionalização de sistemas de fôrmas na execução de estruturas em concreto armado que utilizam o molde em madeira. Todas as atividades são amplamente abordadas, desde o projeto de produção de fôrmas até a análise da estrutura pronta.

ARAÚJO (2000), desenvolve um método para estudar a produtividade da mão-de-obra envolvida nos serviços de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria. O método desenvolvido serve de apoio para as decisões gerenciais dos responsáveis pela execução de obras de edifícios.

Portanto, devido à grande quantidade de trabalhos que tratam deste assunto, este capítulo descreverá brevemente de forma isolada os serviços envolvidos e a seqüência executiva da produção de estruturas em concreto armado para edifícios de múltiplos pavimentos considerados “convencionais ou tradicionais”.

Para facilitar o entendimento foi adotado o esquema genérico apresentado por FREIRE (2001), para a produção de estruturas em concreto armado, a partir dos serviços que a compõem. A figura 3.1 mostra esse esquema, ajudando a perceber como estes serviços estão distribuídos.

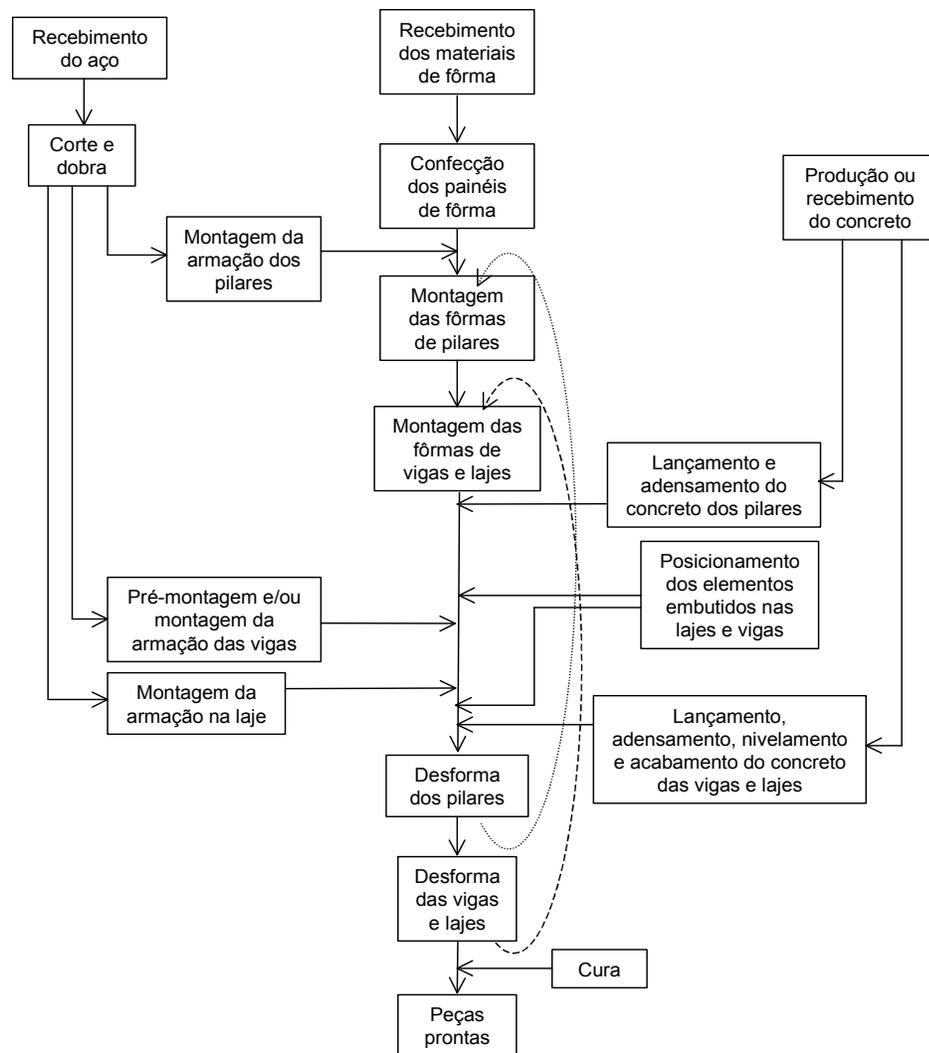


Figura 3.1 – Esquema genérico da produção de elementos em concreto armado - Fonte: FREIRE (2001)

3.2 SISTEMA DE FÔRMAS

3.2.1 Definição

Para FREIRE (2001), o sistema de fôrmas consiste em um conjunto de elementos combinados em harmonia, com o objetivo de atender às funções a ele atribuídas.

As principais funções do sistema de fôrmas segundo BARROS e MELHADO (2006) são:

- 1) Dar forma ao concreto;



Figura 3.2 – Estrutura de um edifício executada em concreto armado.

- 2) Fazer a contenção do concreto fresco e sustentá-lo até que atinja resistência suficiente para se auto-sustentar;



(a)



(b)

Figura 3.3 – a) Concretagem dos pilares; b) Estrutura desformada e reescorada.

- 3) Proporcionar à superfície do concreto a rugosidade requerida;



Figura 3.4 – Rugosidade de uma laje executada com molde plástico (após desforma).

- 4) Servir de suporte para o posicionamento da armação;



Figura 3.5 – Armação da laje apoiada pelo sobre o assoalho de madeira.

- 5) Servir de suporte para o posicionamento de elementos das instalações e outros itens embutidos;



Figura 3.6 – Eletrodutos embutidos no concreto da laje, posicionados sobre o assoalho de madeira.

- 6) Servir de estrutura provisória para as atividades de armação e concretagem. Devendo resistir às cargas provenientes do seu peso próprio, além das cargas de serviço como pessoas trabalhando e equipamentos;



Figura 3.7 – Atividades de armação e concretagem executadas sobre o sistema de fôrmas.

- 7) Proteger o concreto novo contra choques mecânicos.



Figura 3.8 – Estrutura de uma laje recém concretada.

3.2.2 Características do sistema de fôrmas

FAJERSZTAJN (1987), relaciona as principais características das fôrmas para estruturas em concreto armado para atender as funções a ele atribuídas:

- Resistência: resistência mecânica à ruptura suficiente para suportar os esforços provenientes do seu peso próprio, do empuxo do concreto, do adensamento e do tráfego de pessoas e equipamentos;

- Rigidez: resistência a deformação, ou seja, apresentar rigidez suficiente para manter as dimensões e formas previstas em projeto;
- Estabilidade: o sistema deve apresentar os devidos suportes e contraventamentos. A suas dimensões não devem ser alteradas durante o lançamento ou durante a fase de cura, fazendo com que os elementos estruturais apresentem dimensões compatíveis com as previstas em projeto;
- Estanqueidade: visando evitar a perda de água e de finos de cimento durante a cura. A figura 3.9 exemplifica um pilar concretado onde a fôrma apresentava problemas de estanqueidade;



Figura 3.9 – Pilar concretado com perda de água e finos de cimento, devido a frestas com dimensões acima da tolerância.

- Economia: as fôrmas devem ser projetadas e construídas visando à simplicidade, permitindo fácil desforma e reaproveitamento. O sistema deve facilitar a manutenção e reposição das peças danificadas;
- Segurança: significa apresentar rigidez e estabilidade suficientes para não colocar em risco a segurança dos operários e da própria estrutura;
- Aderência: visando facilitar a desforma, a aderência entre fôrma e concreto deve ser a menor possível para preservar a superfície do concreto.

Além das características acima, as fôrmas devem apresentar:

- Regularidade geométrica: para resultar em geometria compatível com as especificações de projeto;
- Textura superficial adequada: deve ser compatível com as exigências de projeto, principalmente quando o concreto for especificado como aparente;
- Proporcionar facilidade para o correto adensamento do concreto;
- Possibilitar o correto posicionamento da armadura: não deve apresentar detalhe de montagem que dificulte ou impeça a colocação da armadura no local especificado em projeto;
- Não deve apresentar absorção d'água que comprometa a necessidade de adicionar água para a hidratação do cimento do concreto.

3.2.3 Custo do sistema de fôrmas

Para ASSAHI (2000), a estrutura em concreto armado representa algo em torno de 20% do custo total de construção. O custo do sistema de fôrma representa entre 25% a 40% do custo total da estrutura, portanto com relação ao custo total de construção este representa aproximadamente de 5% a 8%.

ZORZI (2002), destaca que o custo do sistema de fôrma depende de diversos fatores como:

- Número de reaproveitamentos;
- Velocidade da execução da estrutura, pois a execução rápida ou não influencia na durabilidade dos materiais constituintes da fôrma e no custo dos materiais locados;
- Produtividade da mão-de-obra.

O autor supracitado, no estudo de caso, encontrou os seguintes valores representativos apresentados nas tabelas abaixo para os custos de estruturas nas obras da Cyrela:

Tabela 3.2 – Custo médio incorrido nas obras A, B e C para a execução da estrutura em concreto armado dos pavimentos tipo - Fonte: ZORZI (2002).

SERVIÇO	CUSTO (R\$/m ² Área Projeção)			Percentual do Total Geral
	Material	Mão Obra	Total	
SISTEMA DE FÔRMA	9,8	8,4	18,2	19,2%
	54,0%	46,0%		
ARMAÇÃO	23,4	12,1	35,5	37,4%
	66,0%	34,0%		
CONCRETO	37,8	3,4	41,2	43,4%
	91,6%	8,4%		
TOTAL GERAL	71,0	23,9	94,9	100,0%
	74,8%	25,2%		

“Nos valores apresentados na tabela acima não estão incluídos os custos com mão-de-obra de administração (engenheiro, mestre, encarregado, administrativo, almoxarife, auxiliares administrativos, estagiário). Se considerarmos apenas a administração ligada diretamente ao serviço (~50% do mestre e 100% do encarregado), o custo Cyrela é majorado em torno de 2,5%.”

Além de sua importância no custo da obra, o sistema de fôrmas consome cerca de 60% do prazo para a execução da estrutura. Os 40% restantes são para os serviços de armação e concretagem. Portanto, pode-se dizer que o sistema de fôrmas consome aproximadamente 30% do prazo total do empreendimento (ASSAHI, 2000).

3.2.4 Classificação dos elementos do sistema de fôrmas

Adotou-se neste trabalho a nomenclatura sugerida por FREIRE (2001) para o sistema de fôrmas, pois temos disponível no mercado uma grande variedade de sistemas e não existe um consenso na nomenclatura adotada.

Os elementos que compõe o sistema de fôrmas são:

- Molde: é a parte do sistema que dá forma à peça e é o elemento que entra em contato direto com o concreto. Composto por painéis que podem ser estruturados ou não. Os painéis estruturados são os que possuem peças complementares para enrijecimento fixados permanentemente e os painéis não estruturados são os que não possuem nenhum elemento fixado permanentemente. As figuras abaixo exemplificam os diferentes tipos de materiais utilizados nos moldes;



Figura 3.10 – Molde para laje com fôrma em chapa de madeira compensada.



Figura 3.11 – Molde de laje nervurada com fôrma em plástico reforçado.



Figura 3.12 – Molde de laje com fôrma em painel sintético.



Figura 3.13 – Molde de laje com estruturação em madeira.



Figura 3.14 – Molde em pré-laje.



Figura 3.15 – Molde em madeira para fôrmas de vigas e pilares.



Figura 3.16 – Molde metálico para fôrma de viga.



Figura 3.17 – Molde sintético para fôrma de vigas e lajes.



Figura 3.18 – Molde em papelão para fôrma de pilares.



Figura 3.19 – Molde metálico para fôrmas de paredes.

- Cimbramento: é o que dá apoio à estrutura da fôrma. Conjunto de elementos que absorve ou transfere para local seguro as cargas que atuam nas fôrmas. Pode ser dividido em quatro grupos:
 - escoramento: peças verticais que absorvem os esforços verticais de compressão;
 - vigeamento: peças horizontais que absorvem os esforços verticais;
 - travamento: peças verticais ou horizontais que absorvem esforços horizontais;
 - mão-francesa: peças inclinadas para contenção horizontal.

As figuras abaixo exemplificam os tipos de escoramento.



(a)



(b)

Figura 3.20 – Escoramento em madeira: a) Lajes; b) Vigas.



Figura 3.21 – Escoramento em madeira e aço: a) Vigamento em madeira e escoras metálicas; b) imagem com visão geral. Fonte: Peri, s.d.



Figura 3.22 – Escoramento com torres metálicas e vigas de madeira.

- Acessórios: conjunto de peças que auxiliam no desempenho dos outros componentes presentes nesta etapa do trabalho;

A classificação descrita acima é exemplificada na figura 3.23:

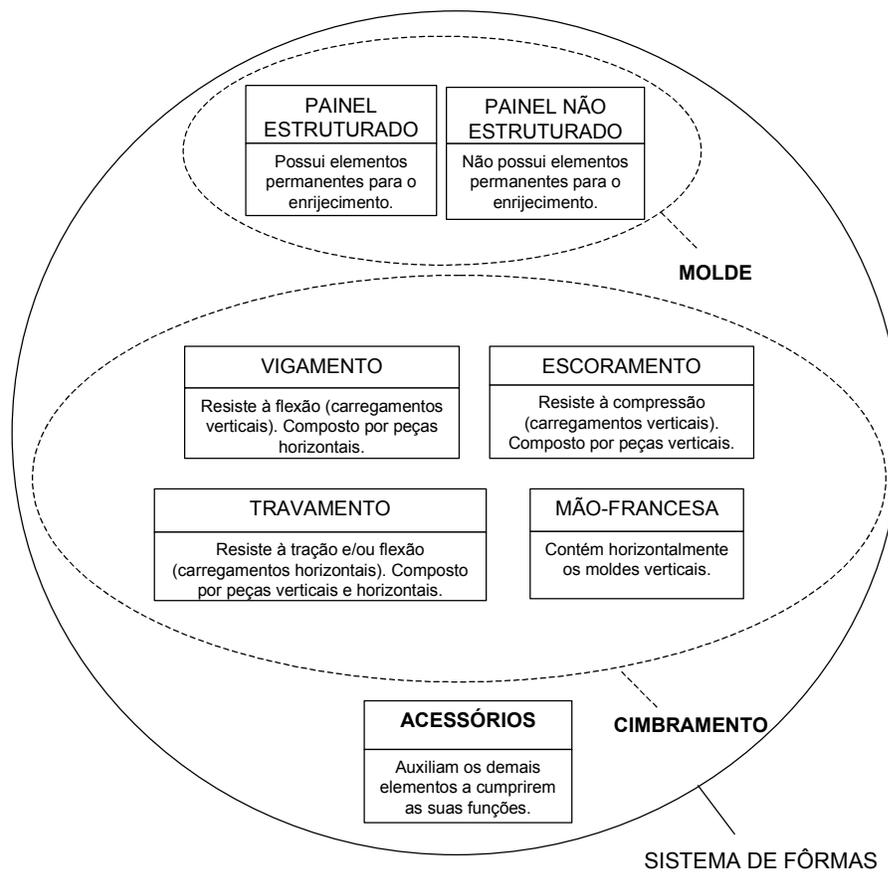


Figura 3.23 – Elementos constituintes do sistema de fôrmas e suas respectivas funções –
Fonte: FREIRE (2001).

3.2.5 Classificação e descrição do sistema de fôrma para concreto

Conforme comentado anteriormente, existe uma grande variedade de sistemas estruturais e de fornecedores para as fôrmas disponíveis no mercado. Além disso, cada fornecedor pode comercializar diversos tipos de fôrmas. Portanto, torna-se necessário fazer uma classificação dos sistemas existentes.

Neste trabalho, foram adotados os critérios propostos por FREIRE (2001) para dividir os sistemas de fôrmas. Tais critérios se baseiam primeiramente no grupo

de elementos estruturais a serem moldados e em seguida, na modulação dos painéis.

Quanto ao primeiro critério, dividem-se as fôrmas em dois grandes grupos:

- Elementos verticais: abrangendo pilares e paredes;
- Elementos horizontais: como vigas, lajes e escadas (estas últimas, apesar de não serem horizontais, possuem características de execução e solicitações que a encaixam nesse grupo).

Quanto ao segundo critério é em função do mercado de fôrmas que é dividido em:

- Sistemas modulares: associados a painéis estruturados fabricados em metal ou plástico, com pouco cimbramento e altamente industrializado. Para sua utilização é importante considerar este sistema na concepção do projeto, evitando adaptações no canteiro de obras. Além disso, é importante que todo o processo de montagem da fôrma seja planejado e a mão-de-obra treinada visando à racionalização, que é onde encontramos a grande vantagem deste sistema. A não observação destes pontos acarretará em elevados custos de locação, manutenção e reposição de peças. O sistema modular não será o foco deste trabalho, entretanto seguem abaixo algumas figuras que o exemplificam:



(a)



(b)

Figura 3.24 – a) Montagem de fôrma de parede (Doka, s.d.); b) Modelo de fôrma modular para parede (Ulma, s.d.).



Figura 3.25 – Tipos de conectores utilizados para fazer a ligação entre os painéis modulares: a) Grampo (Meva, s.d.); b) Clip (Peri, s.d.).

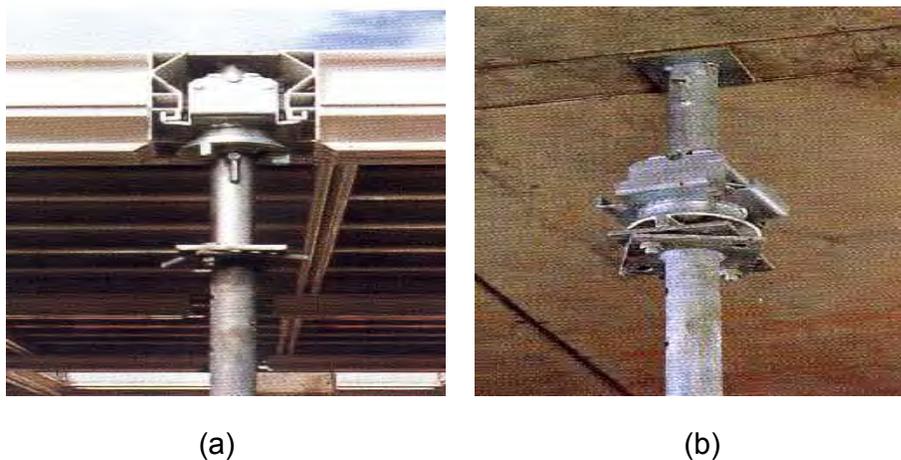


Figura 3.26 – Cabeça descendente para escoras: a) Cabeça na posição superior, com os painéis de laje apoiados; b) Cabeça na posição inferior, após a desforma da laje. Fonte – FREIRE (2001).

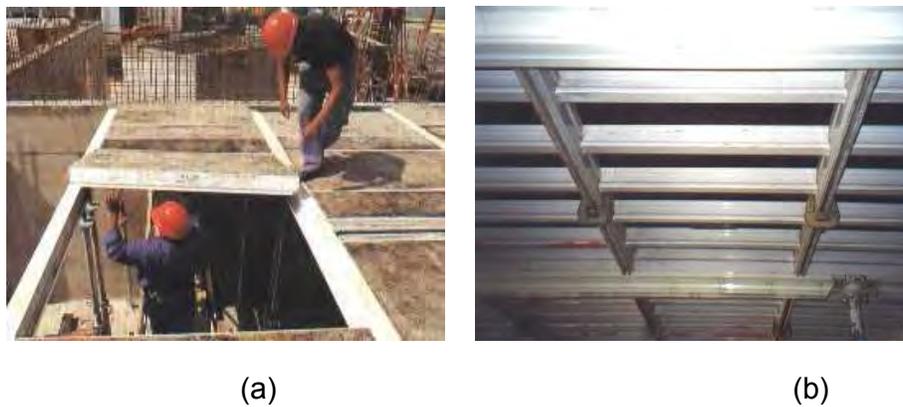


Figura 3.27 - Sistema modular para lajes: a) montagem dos painéis apoiando-os em vigas metálicas; b) vista inferior do sistema montado – FREIRE (2001).

- Sistemas tramados: que possuem uma quantidade maior de peças associadas ao vigamento e travamento, sendo associados a painéis sem padronização dimensional, confeccionados especialmente para uma determinada utilização. Também é chamado de convencional ou tradicional devido a sua grande utilização. Este sistema será focado neste trabalho e caracterizado no tópico seguinte.

A figura 3.28 demonstra como essa divisão é feita.

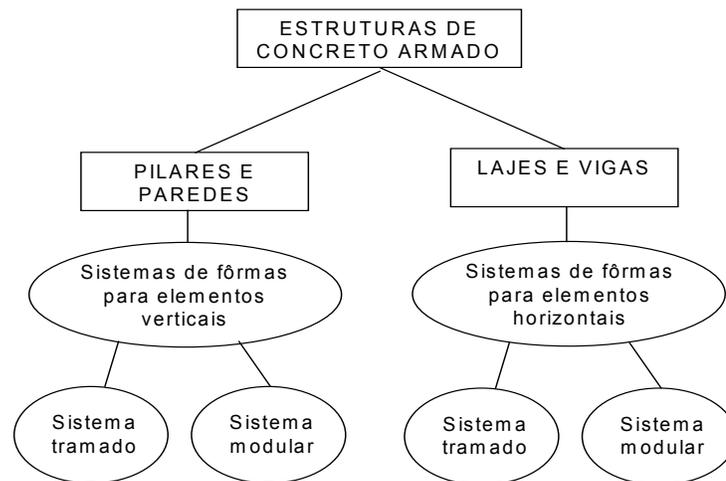


Figura 3.28 - Divisão esquemática, dos sistemas de fôrmas, baseada nos elementos estruturais a serem moldados e na modulação dos painéis – Fonte FREIRE (2001).

3.2.5.1 Sistema Tramado

FREIRE (2001) define trama como o cruzamento de elementos longitudinais e transversais.

O sistema tramado é o mais utilizado na construção civil nacional, sendo de domínio da mão-de-obra. Caracteriza-se pela flexibilidade dimensional, versatilidade e relativa facilidade para associar-se com fôrmas de vigas e lajes.

Entretanto, apesar da versatilidade e domínio dos operários, esse sistema é na maioria das vezes conhecido como tradicional, caracterizando-se por uso intensivo da mão-de-obra, baixa mecanização (produção essencialmente manual) e por elevados desperdícios de mão-de-obra, material e tempo.

Para o autor supracitado, essa caracterização não é de responsabilidade do sistema em si, que pode perfeitamente ser utilizado de forma racional, mas sim da forma como tem sido utilizado em muitas obras, sem planejamentos ou projetos de produção, cabendo aos operários muitas decisões quanto à sua confecção e montagem.

- Fôrmas para elementos verticais

No caso das fôrmas de pilares e paredes, este sistema consiste na associação de elementos verticais e horizontais, em dois planos paralelos, compondo parte do travamento das fôrmas.

Os elementos que compõem a trama não são necessariamente do mesmo material ou da mesma forma, podendo ser de madeira (bruta ou industrializada) ou metálicos (de aço ou alumínio).

As tramas geralmente são feitas de madeira, encontrando-se ainda vários casos em que se adotam vigas metálicas de travamento nos planos mais distantes do molde.

Os painéis podem ser produzidos no próprio canteiro de obra ou adquiridos no mercado, pois existem empresas que os fabricam sob encomenda, caracterizando as fôrmas industrializadas. Nesse sistema, ao contrário do sistema modular, as fôrmas é que se adaptam à estrutura.

Este sistema possibilita a formulação de muitas combinações entre os elementos que a compõe, permitindo ao construtor utilizar peças de diversos fornecedores simultaneamente. Dentre as muitas possibilidades de associação dos diversos elementos, destacam-se:

Molde: chapas de madeira compensada ou tábuas.

Travamento: Grades de madeira compostas por sarrafos e pontaletes (não fixados ao molde); vigas de travamento, horizontais ou verticais, de madeira, aço, alumínio ou mistas (vigas sanduíche); tirantes metálicos (barras de ancoragem com porcas, tensores ou fios de aço amarrados); sargentos metálicos; gravatas (de madeira, de aço ou mistas) etc.

Mãos-francesas: Tábuas, sarrafos ou pontaletes de madeira; cantoneiras metálicas; escoras metálicas (fixas ou com ajuste de comprimento).

A figura 3.29 e a figura 3.30 exemplificam algumas situações com moldes para pilares compostos por painéis não estruturados.

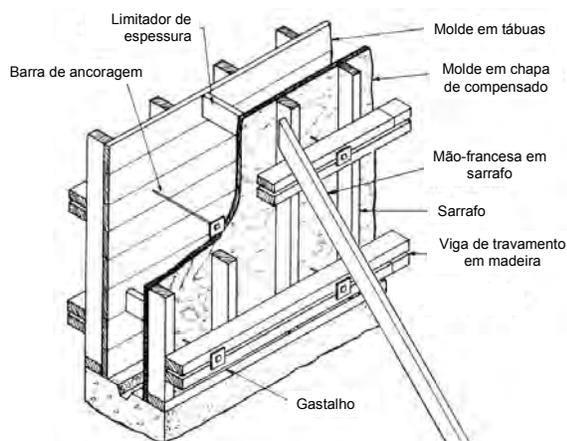


Figura 3.29 - Esquema genérico de fôrma para parede utilizando o sistema tramado – Fonte: PETERS, 1991 apud FREIRE 2001.



Figura 3.30 - Fôrmas de pilar com grade de madeira, vigas de travamento metálicas, barras de ancoragem e mãos-francesas em cantoneiras metálicas.

- Fôrmas para elementos horizontais

O escoramento das lajes é composto por uma camada de vigamento superior e outra inferior que caracteriza a trama. O vigamento inferior é apoiado em escoras pontuais, também chamado de torres. Tanto os vigamentos quanto as

escoras podem ser de madeira (industrializada ou serrada) ou metálicas (de aço ou alumínio).

Existem casos em que podemos encontrar apenas uma camada de vigas, porém sem perder a denominação de sistema tramado.

As figuras abaixo exemplificam a utilização do sistema tramado para lajes.



(a)

(b)

Figura 3.31 - Sistema tramado para lajes: a) montagem da trama, com viga superior e inferior apoiado em forçados de escoras pontuais; b) Visão geral do sistema com molde em chapa de compensado, vigamentos superior e inferior constituído de sarrafos e vigas sanduíche de madeira e escoramento com pontaletes com cruzetas.



Figura 3.32 - Sistema tramado com molde em chapa de compensado, vigamentos superior e inferior constituído de sarrafos e vigas sanduíche de madeira e escoramento com pontaletes com cruzetas – Fonte: FREIRE (2001).

No caso das vigas, o sistema tramado é basicamente o único em uso no mercado, sendo caracterizado pelo uso de painéis laterais e painéis de fundo

estruturados com sarrafos, e pelas diversas formas de travamento e escoramento. O travamento dos moldes pode ser feito com barras de ancoragem ou tensores, sarrafos de pressão, gastalhos de madeira, metálicos ou plásticos, mãos-francesas ou garfos de madeira; o escoramento pode ser feito com escoras pontuais com cruzetas, torre metálica ou garfos de madeira.

A figura 3.33 exemplifica a utilização do sistema tramado para vigas.



(a)



(b)

Figura 3.33 - Fôrmas de viga: a) Painéis estruturados com sarrafos, travamento com viga sanduíche e barras de ancoragem, além do prolongamento das pernas dos garfos, e escoramento com garfos de madeira; b) Painéis estruturados com sarrafos e escoramento com escoras pontuais com cruzetas – Fonte: FREIRE (2001).

FREIRE (2001), relata que o sistema tramado é o mais empregado atualmente, sendo versátil e de fácil adaptação às estruturas reticuladas, situação em que as vigas inibem um melhor aproveitamento dos sistemas modulares.

Para o autor supracitado este sistema pode ser utilizado como suporte para os moldes das fôrmas para lajes nervuradas, e o acoplamento e a fixação dos seus diversos elementos permitem a utilização de “mesas voadoras”, que podem ser transportadas entre os pavimentos, sem necessidade de desmontar o conjunto.

As figuras abaixo apresentam alguns exemplos de sistemas tramados que caracterizam sua facilidade de adaptação a formatos não retangulares e sua facilidade de transporte e montagem.



Figura 3.34 - Exemplo de flexibilidade do sistema tramado com a moldagem de laje em formato triangular: a) vista inferior do cimbramento da laje; b) vista superior do molde da laje – Fonte: FREIRE (2001).

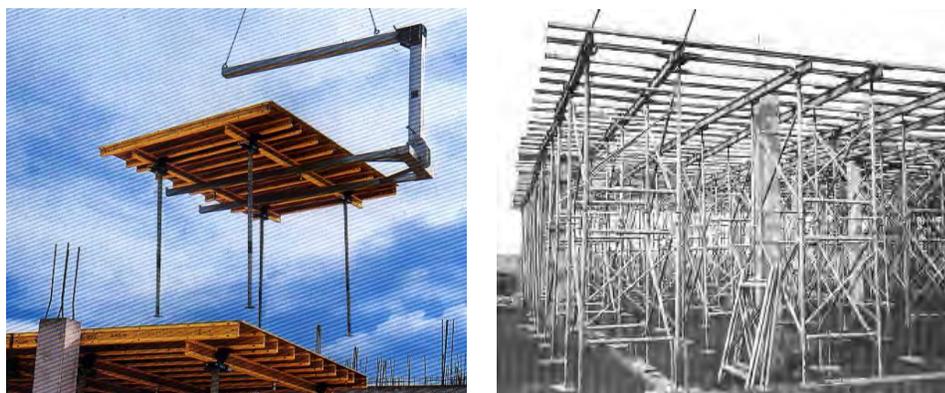


Figura 3.35 - Sistema tramado para lajes: a) transporte de mesa voadora (Doka, s.d.); b) vigamento superior e inferior em aço, apoiados em torres metálicas – Fonte FREIRE (2001).

3.2.6 Mão-de-obra

FACHINI (2005), relata que devido a complexidade do serviço de fôrmas, este demanda equipes especializadas, além de associar-se a prazos e ritmos de execução característicos.

A mão-de-obra para o serviço de fôrmas é caracterizada por carpinteiros e ajudantes ou somente carpinteiros, responsáveis pela montagem, desmontagem e transporte de um pavimento para outro.

Esta mão-de-obra pode ser própria ou subcontratada, a primeira opção é encontrada com mais frequência no mercado e quanto à segunda opção, a contratação pode ser global ou desmembrada por várias empresas.

A subcontratação do sistema de fôrmas pode ser feita juntamente com os serviços de armação e concretagem ou separadamente. Na maioria das vezes, a execução das fôrmas tem os seus preços acertados por metro quadrado de área em contato com o concreto.

FREIRE (2001), analisou 35 construtoras e 207 obras na Grande São Paulo, e verificou que somente em 3 construtoras, representando 8,6%, subcontratam materiais e mão-de-obra em conjunto para a execução do sistema fôrmas.

Independente das formas de contratação relatadas acima, normalmente a equipe responsável pelo sistema de fôrmas trabalha sob o regime de tarefa. Esta modalidade se caracteriza pela negociação antecipada do número de horas a serem pagas ao trabalhador para a execução de todos os serviços envolvidos na execução da estrutura como: fabricação, montagem, concretagem e desforma.

Dentre os serviços envolvidos na execução da estrutura, o sistema de fôrmas é o que mais exige a especialização da mão-de-obra, principalmente para garantir a qualidade da estrutura e a vida útil das fôrmas. Segundo FREIRE (2001), as fôrmas possuem a execução muito mais complexa, valorizando o domínio da tecnologia em função dos materiais e componentes empregados. Adicionalmente, o treinamento da mão-de-obra e a utilização de projetos de produção são fundamentais para a racionalização do processo, reduzindo desperdícios de recursos humanos e materiais.

3.3 ARMAÇÃO

Armação é o conjunto de atividades relativas à preparação e posicionamento do aço dentro da estrutura (FREIRE, 2001).

RICHARDSON (1987) apud FACHINI (2005), afirma que o aço nas estruturas em concreto armado tem a função de resistir aos esforços de tração e cisalhamento, além de aumentar a capacidade resistente dos elementos estruturais submetidos à compressão.

Aproximadamente 80% das obras paulistas são delegadas para empresas de armação subcontratadas. Na maioria dos casos estas empresas são geridas por pessoas que não dominam completamente as estratégias, bem como, os conhecimentos básicos para a gestão dos serviços. Por este motivo, a tecnologia de produção nas obras ainda é baseada num molde de atuação artesanal e rudimentar. Os avanços de automação e mecanização existentes no mercado estão situados do lado de fora do canteiro, nas empresas que fornecem o aço pré-cortado e pré-dobrado (FREIRE, 2001).

Devido a fatores como os citados no parágrafo anterior, é imprescindível que as atividades envolvidas na armação sejam norteadas por decisões tomadas pela engenharia, fundamentadas nos conhecimentos técnicos e pelo planejamento da obra.

Para facilitar o entendimento das atividades envolvidas na etapa da armação, serão apresentadas as definições adotadas, baseadas em FREIRE (2001):

- Armadura: também chamada de ferragem, é a associação de diversas peças de aço, formando um conjunto para um determinado componente estrutural;
- Peça: parcela separável da armadura de um componente da estrutura, constante do projeto estrutural, com dimensões e formato característicos, que, quando associada a outras gera a armadura;
- Barra: elemento de aço para concreto armado, obtido por laminação, disponível nos diâmetros nominais a partir de 5mm;

- Fio: elemento de aço para concreto armado, obtido por laminação, disponível nos diâmetros nominais entre 3,2mm e 10mm;
- Vergalhão: Barra ou fio de aço com comprimento aproximado de 12 metros;
- Cobrimento: é a camada de concreto que separa e protege a armadura do meio externo;
- Estribo: peças dispostas transversalmente ao elemento estrutural, com o objetivo de: resistir aos esforços transversais decorrentes das forças de cisalhamento; auxiliar o concreto a resistir aos esforços de compressão; e auxiliar a montagem e transporte das armaduras;
- Tela soldada: armadura composta por peças ortogonais, soldadas entre si, formando uma malha.

Baseada na seqüência executiva proposta por FACHINI (2005), nos próximos tópicos são apresentadas todas as etapas envolvidas no processo de execução da armação desde a compra do aço até a sua montagem final.

3.3.1 Processo de execução da armação

Independente do tipo de aço, todos eles necessitam de cuidados especiais nas etapas de compra, recebimento, estocagem e processamento.

De acordo com a forma de fornecimento do aço, o processo de armação varia passando por operações de pré-montagem e montagem.

O aço pode ser fornecido pelo fabricante de duas formas: já cortado e dobrado ou pode ser entregue na obra em barras, sendo cortado e dobrado no próprio canteiro.

A figura 3.36 e figura 3.37 apresentam o fluxograma que esquematiza as operações necessárias para o preparo da armação nas formas de fornecimento em barras ou já cortado e dobrado.



Figura 3.36 – Fluxograma de produção das armaduras para o aço entregue em barras.
Adaptado de FACHINI (2005).

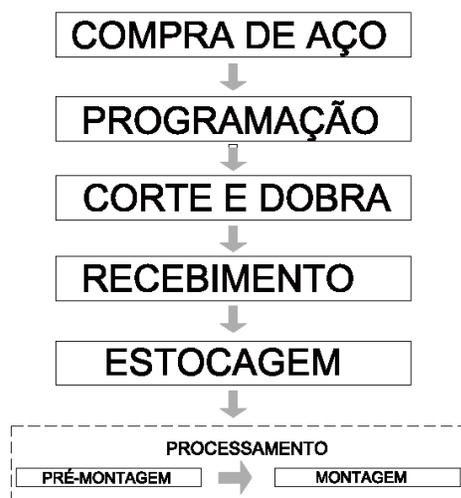


Figura 3.37 – Fluxograma de produção das armaduras para o aço entregue já cortado e dobrado. Adaptado de FACHINI (2005).

- Compra do aço

Para não ocorrerem atrasos no início dos serviços da estrutura de concreto, a compra do aço deve ser realizada com antecedência em relação à sua utilização. Este período de antecedência deve ser definido em conjunto com a empresa contratada.

O aço necessário deve ser solicitado pelo engenheiro da obra. Antes disso, deve ser definido como o aço será fornecido, ou seja, o processo de corte e dobra pode ser feito no canteiro de obras ou pela empresa contratada. Em alguns casos, esta definição não cabe ao engenheiro da obra, dependendo de diversos fatores como:

- Diretriz da empresa;
- Valores previstos em orçamento;
- Local disponível para estacionamento e manobra de caminhões;
- Local disponível para descarga, armazenamento e processamento do aço;
- Disponibilidade de espaço e equipamentos no canteiro de obras.

Na maioria das vezes as empresas construtoras optam pelo fornecimento do aço cortado e dobrado principalmente levando-se em conta a comodidade e praticidade, além de fatores como carência de espaço, assim como, prevenir e evitar possíveis desperdícios no canteiro de obras.

- Programação

A maioria das empresas exige uma programação prévia das entregas. Entretanto, não existe uma regra para definir com quanto tempo de antecedência este aço deve ser solicitado, varia de empresa para empresa e da situação do mercado. Atualmente com o aquecimento do mercado algumas empresas exigem que a programação seja feita com até 45 dias antes de sua utilização na obra.

Em função dos projetos executivos e do cronograma de execução dos serviços, o responsável pela obra faz a programação das entregas.

A figura 3.38 exemplifica um formulário para programação do aço. Nele devem constar o número, nome e revisão do projeto, as peças solicitadas e quantidades.

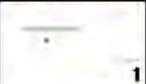
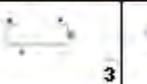
							
PROGRAMAÇÃO DE ENTREGA.							
		Nº DE PÁGINAS					
FONE / FAX:	OBRA:	PROG.:					
CONSTRUTOR/	TELEFONE CONTAT						
ENGº	DATA:						
ITEM	Nº DESENHO	REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA ENTREGA	OBSERVAÇÃO		
PEÇAS NÃO DETALHADAS EM PROJETO							
Ferro corrido	Caranguejo	Sargento	Bandeja	Outros			
							
1	2	3	4	5			
ITEM	A	B	C	D	E	QUANTIDADE	BITOLA
ARAMES	BELGO PRÁTICO				K ₄	RECOCIDO H-1*	K ₄

Figura 3.38 – Exemplo de planilha utilizada para programação do aço – Fonte Manetoni s.d.

- Recebimento do aço

A obra deve desenvolver um projeto de canteiro e mantê-lo atualizado em todas as etapas. Neste projeto devem ser planejadas as rampas e acessos da obra, locais para descarga, armazenamento e processamento dos insumos, bem como as áreas de circulação e vivência de funcionários. Portanto, diante desta premissa, no recebimento do aço o local de descarga e armazenamento já deve estar definido.

Para a equipe da obra cabem alguns cuidados quanto ao recebimento e conferência do tipo de aço que está sendo adquirido.

Geralmente o aço é recebido em carretas. Muitas vezes a descarga é feita pela equipe da obra manualmente ou através da grua. Juntamente com a descarga já é realizada a conferência do material, através da verificação do pedido com relação à nota fiscal ou dos boletins de entrega no caso de aço cortado e dobrado.

O responsável pelo recebimento confere as bitolas através da análise visual.

- Estocagem

Para BARROS e MELHADO (2006), a organização e o posicionamento do aço são de fundamental importância para obtenção da racionalização e para melhorar o fluxo da produção.

Também é muito importante a disposição das barras de acordo com as bitolas ou de acordo com a seqüência de sua utilização. No caso da utilização do aço cortado e dobrado é conveniente a organização das peças de acordo com a seqüência de utilização.

Para evitar fatores que propiciam o desenvolvimento da corrosão, é importante evitar o contato do aço com o solo e também tomar cuidado para que o aço não fique sujeito a intempéries (BARROS e MELHADO, 2006).

- Processamento

Nesta fase, as barras de aço são transformadas em elementos que atendam aos projetos estruturais.

Nas obras onde o processo de corte e dobra é executado no próprio canteiro, esta etapa é realizada dando origem às peças, para em seguida, serem montadas as armaduras. Nestas situações, é recomendável considerar no planejamento do canteiro uma central para processamento, conforme exemplifica a figura 3.39.

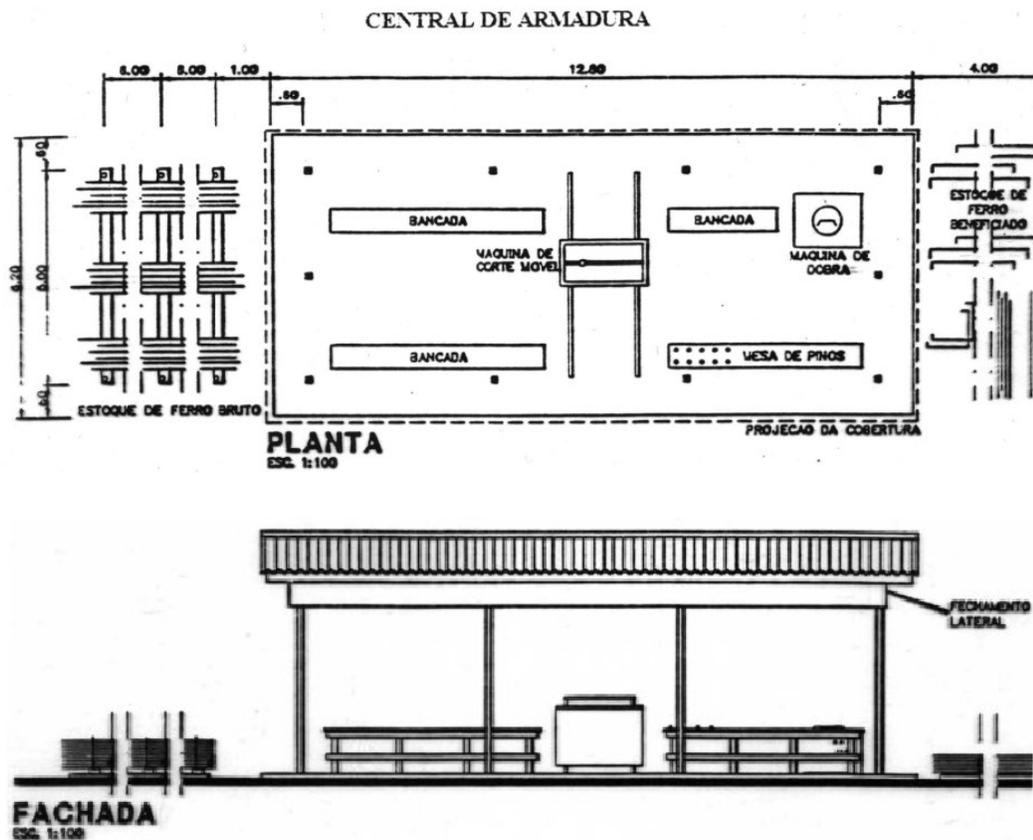


Figura 3.39 – Planta e vista da fachada de uma central de processamento do aço no canteiro de obras. Fonte: BARROS e MELHADO (2006).

A pré-montagem é a etapa seguinte. Ela vem sendo utilizada com bastante frequência nos canteiros, exceto quando existe dificuldade em transportar as peças pré-montadas até o local da montagem final.

3.3.1.1 Etapas da execução da armação

Conforme fluxograma apresentado anteriormente na figura 3.36 para o serviço de armação, nos tópicos abaixo são apresentadas as etapas de processamento da armadura em casos onde o processo de corte e dobra do aço é realizado no canteiro de obras.

- 1) Corte das barras longitudinais e transversais

De acordo com os diversos comprimentos determinados no projeto estrutural são realizados os cortes das barras de aço.

Os cortes são realizados com tesourões especiais e máquinas de corte manuais ou mecânicas, usualmente chamadas de policorte ou talhadeira.

Os tesourões são utilizados quando as barras tiverem diâmetros inferiores ou iguais a 16mm. As talhadeiras são utilizadas quando os diâmetros forem inferiores a 6,3mm e em situações especiais, pois a produtividade é baixa. As máquinas manuais ou motorizadas são utilizadas quando a quantidade a ser cortada é grande, pois podem cortar várias barras simultaneamente.

As figuras abaixo exemplificam os equipamentos utilizados para corte das barras de aço.



Figura 3.40 – Tesourão.



Figura 3.41 – Máquina de corte elétrica (policorte).



Figura 3.42 – Máquina de corte hidráulica.

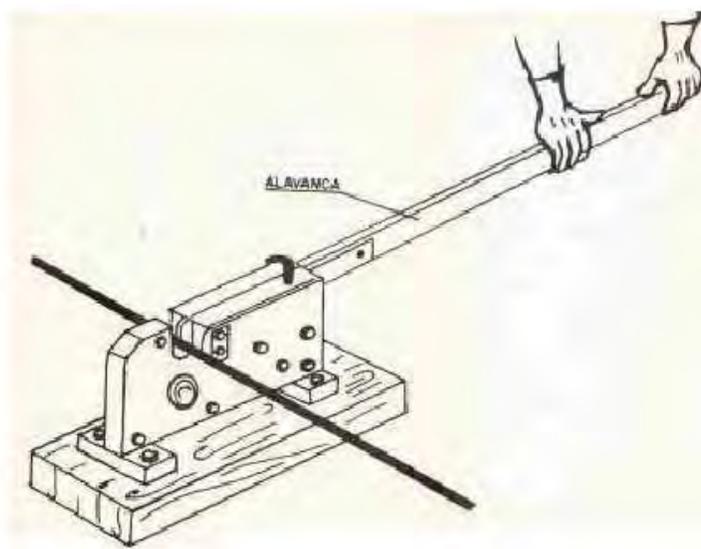


Figura 3.43 – Ilustração de máquina mecânica para corte do aço. Fonte: SENAI (1980) apud BARROS e MELHADO (2006).

2) Dobra das barras longitudinais e transversais

Após o corte das peças, inicia-se a dobra das barras.

As dobras ou “endireitamento” podem ser realizadas na obra, em bancadas, chaves de dobras, ou então podem ser realizadas em empresas de corte e dobra, através da utilização de dobradeiras mecânicas.

Esta bancada deve ser feita em madeira grossa (espessura aproximada de 5cm), nela geralmente são fixados diversos pinos que auxiliam na dobra das peças (BARROS e MELHADO, 2006).

As figuras abaixo ilustram as ferramentas utilizadas para a dobra das barras na obra.



Figura 3.44 – Dobramento manual do aço no canteiro com a utilização da bancada.



(a)



(b)

Figura 3.45 – Ferramentas utilizadas para dobramento manual do aço no canteiro: a) chave de dobra e; b) Pinos fixados na bancada.

3) Pré-montagem da armadura

A pré-montagem é feita utilizando o projeto estrutural. A interligação das peças é realizada com arame recozido.

A definição de quais peças podem ser pré-montadas normalmente realiza-se em função de diversos fatores como:

- Sistema de transporte vertical disponível na obra;
- Peso e dimensões das peças a serem montadas;
- Diâmetro das barras para resistir os esforços de transporte da peça.

BARROS e MELHADO (2006), salientam dois cuidados que devem ser tomados na utilização da pré-montagem. O primeiro deles é garantir o cobrimento mínimo da armadura conforme especificação e o segundo é o correto posicionamento da mesma, evitando que a armadura negativa se torne involuntariamente positiva.

A figura 3.46 exemplifica a pré-montagem de uma viga para posteriormente ser transportada pela grua até o local de montagem, a figura 3.47 exemplifica um pilar pré-montado sendo colocado pela grua em sua posição final e a figura 3.48 exemplifica a pré-montagem da armadura de uma laje.



Figura 3.46 – Pré-montagem de um pilar na central de armação.



Figura 3.47 – Posicionamento da armadura do pilar com a utilização da grua.



Figura 3.48 – Pré-montagem da armação de uma laje.

A utilização da grua ou mini-grua possibilita a pré-montagem em locais protegidos, facilitando a conferência e a racionalização do processo. Estes procedimentos tornam o canteiro mais organizado evitando enganos e desperdícios.

4) Montagem final e conferência da armação

A montagem final também é feita de acordo com o projeto de armação e ocorre depois que as fôrmas já foram liberadas no local da concretagem.

Para garantir o correto posicionamento da armadura, todo cuidado deve ser tomado durante seu posicionamento nas fôrmas. Tais cuidados são necessários para evitar que determinadas peças fiquem expostas e para garantir o cobrimento.

Também é importante que todos os estribos posicionados nos encontros das vigas com os pilares (usualmente chamado de “cabeça dos pilares”) sejam reconstituídos, conforme figura 3.49. Normalmente os armadores não colocam, retiram ou cortam estes estribos para posicionamento e montagem da armadura da viga, porém devido à dificuldade na recolocação muitos armadores não executam este serviço.



Figura 3.49 – Encontro da armadura da viga e do pilar: grande quantidade de barras e a dificuldade do armador em recolocar os estribos.

Após a realização da montagem todo o serviço deve ser conferido de acordo com o projeto. A figura 3.50 exemplifica a conferência da armação.



Figura 3.50 – Conferência da montagem da armadura de um pilar.

3.3.2 Mão-de-obra

A mão-de-obra para o serviço de armação necessita de equipes especializadas, caracterizada por armadores e ajudantes que podem ser de empresas subcontratadas ou de mão-de-obra própria.

A subcontratação dos serviços de armação é mais freqüente e pode ser feita juntamente com os serviços de fôrmas e concretagem, ou separadamente.

FREIRE (2001), analisando 35 construtoras e 207 obras na Grande São Paulo, verificou que para a execução dos serviços de armação e concretagem, apenas 1 construtora, representando 2,9%, adotou o regime de contratação de mão-de-obra juntamente com o material.

A execução da armação tem seus preços, de um modo geral, acertados por quilo de aço conforme os quantitativos de projeto.

Apesar de ter um potencial de racionalização muito inferior ao sistema de fôrmas, a execução da armação é extremamente importante no ciclo de uma estrutura, tanto para o cumprimento dos prazos, quanto para a obtenção da qualidade desejada.

3.4 PASSAGENS E EMBUTIDOS NO CONCRETO

Além dos serviços de fôrma e armação das lajes em concreto armado, também são necessários os serviços de instalações elétricas e hidráulicas, na forma de elementos que atravessam as lajes (passagem) ou aqueles posicionados dentro do concreto (embutidos).

Neste trabalho não serão abordadas as atividades referentes ao subsistema instalações, mas, sim identificar as operações referentes às passagens e embutidos no concreto.

3.4.1 Posicionamento das passagens no concreto

As passagens no concreto são executadas por componentes posicionados sobre os moldes das fôrmas antes da concretagem. Elas são responsáveis pela criação de vazios e podem ser produzidas utilizando-se diversos materiais como: caixas de madeira (tábuas, chapas de madeira compensada, etc.), tubos de PVC, isopor e outros. A figura 3.51 abaixo exemplifica algumas passagens no concreto.



Figura 3.51 – Passagens no concreto em caixas de chapa de madeira compensada e tubos de PVC; e marcação das paredes com tinta.

A marcação do posicionamento de passagens no concreto pode ser realizada através das cotas citadas no projeto de instalações. Estas cotas podem partir de um eixo de referência ou das faces dos pilares e das vigas. A segunda opção está mais sujeita a ocorrência de erros, pois as marcações destes elementos estruturais podem apresentar erros que não foram detectados anteriormente.

SOUZA et al. (2002) apud FACHINI (2005), ressaltam importância de um projeto de furação, pois desta forma todos os serviços e todas as medidas passariam a utilizar um mesmo eixo de referência, sem a necessidade de criar diversos pontos de referência para obtenção das cotas.

3.4.2 Posicionamento de embutidos no concreto

FACHINI (2005), relata que os embutidos são oriundos de instalações elétricas e hidrossanitárias. As caixas elétricas, os dutos de instalações de *shafts* e os eletrodutos são exemplos de embutidos no concreto.

Para a locação dos embutidos no concreto podem ser utilizadas as mesmas alternativas descritas nas passagens das lajes.

O autor supracitado complementa que a posição das caixas elétricas deve ser marcada com pregos, riscos nas fôrmas ou tintas. Percebe-se que, nas obras as duas últimas opções são as mais utilizadas, principalmente quando se trata de estruturas com muitas repetições, ação esta que torna desnecessária novas marcações em todos os outros pavimentos.

As caixas elétricas são pregadas na laje logo após a marcação e para evitar a entrada de concreto, enchem-se as mesmas com pó de serra, papel ou areia. A figura 3.52 exemplifica o posicionamento da caixa elétrica.



Figura 3.52 – Posicionamento da caixa de elétrica sobre a fôrma.

Para passagem dos tubos é necessário furar o molde de madeira conforme a figura 3.53.

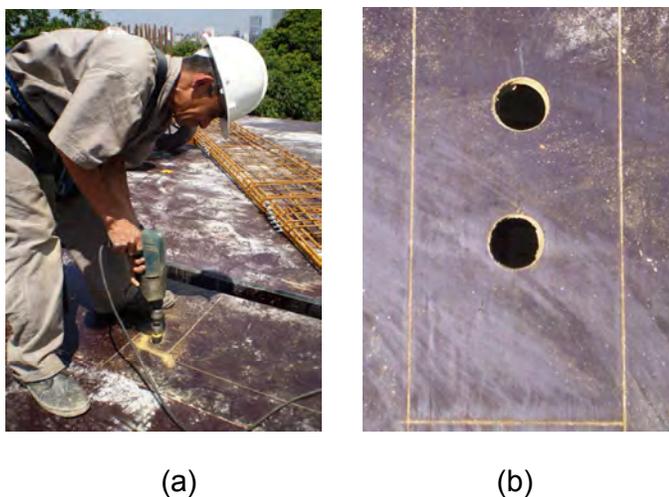


Figura 3.53 – Passagem dos eletrodutos: a) funcionário executando a furação; b) molde já furado e marcação da fôrma com riscos.

3.4.3 Mão-de-obra

A execução de passantes e embutidos utiliza a mão-de-obra de encanadores e eletricitas. Entretanto, geralmente a execução deste serviço é acompanhada pelo encarregado de carpintaria ou de um carpinteiro que fornece as cotas.

Normalmente, este serviço faz parte do escopo da empresa subcontratada para executar as instalações elétricas e hidrossanitárias.

A sua correta execução é extremamente importante para o bom andamento dos serviços subseqüentes, como, alvenaria e contrapiso, além da redução dos retrabalhos.

3.5 CONCRETAGEM

A concretagem representa a última etapa do ciclo de execução da estrutura. Esta etapa necessita de uma boa gestão e um bom planejamento em todos os fatores que interferem em sua execução, embora ela tenha uma duração inferior quando comparada a outros serviços da estrutura (FACHINI, 2005).

A seguir, baseado na proposta do autor supracitado será descrito o processo de concretagem desde o recebimento até sua cura.

3.5.1 Processo de execução da concretagem

Para FREIRE (2001), o serviço de concretagem consiste em receber ou produzir o concreto, transportá-lo até o local de aplicação, lançá-lo nas fôrmas, espalhá-lo, adensá-lo, nivelá-lo e dar-lhe o acabamento necessário, para depois curá-lo. A figura 3.54 exemplifica um fluxograma esquemático com as etapas envolvidas na execução da concretagem.

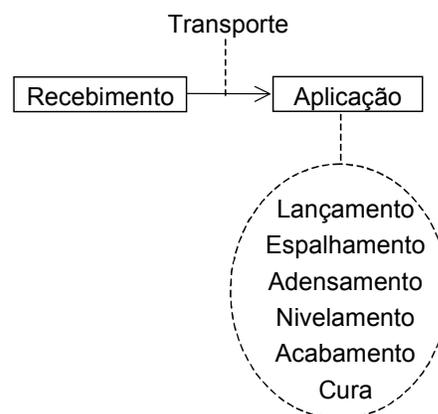


Figura 3.54 – Fluxograma esquemático das etapas da concretagem - Fonte: FREIRE (2001).

A vida útil de uma estrutura de concreto depende da realização correta de sua execução e do controle tecnológico. O controle tecnológico consiste no estudo da dosagem dos materiais constituintes e no controle do concreto produzido (FACHINI, 2005).

Na maioria das obras executadas em concreto armado para edifícios residenciais, o concreto é fornecido por empresas subcontratadas. Dificilmente o concreto para fim estrutural é produzido no próprio canteiro.

Portanto, este trabalho irá tratar das etapas envolvidas após o seu recebimento na obra.

- Recebimento

O concreto é recebido na obra em caminhão-betoneira por um profissional qualificado.

Este profissional que pode ser funcionário da própria construtora ou de uma empresa subcontratada, que é mais usual. Os itens a serem conferidos são:

- Verificar na nota fiscal se o concreto recebido está de acordo com o programado;
- Verificar o horário de saída do caminhão-betoneira da usina e o tempo disponível para descarga do concreto;
- Verificar a quantidade de água a ser adicionada na obra e se o manômetro está funcionando perfeitamente;
- Verificar se o lacre do caminhão não foi violado.

Os ensaios mais comuns realizados para o controle de recebimento do concreto são o abatimento de tronco de cone (slump-test) e o controle de resistência a compressão (fck), a partir dos corpos de prova moldados na obra.

Também é recomendável a realização de vistas periódicas na usina responsável pelo fornecimento do concreto, para acompanhamento da pesagem dos insumos que o compõe, e para conferência do traço contratado. Através desta visita também é possível conferir se o volume de concreto

descrito na nota fiscal confere com o que está sendo realmente entregue. Este procedimento pode ser feito por um profissional da própria construtora ou de uma empresa subcontratada.

- Transporte

O concreto deve ser transportado do local do armazenamento ou da boca de descarga do caminhão-betoneira até o local da concretagem num tempo compatível com as condições de lançamento; e quanto ao meio utilizado para o transporte, este não deve acarretar desagregação dos componentes do concreto ou perda sensível de água, pasta ou argamassa por vazamento ou evaporação. NBR 14931 (ABNT, 2003).

O concreto pode ser transportado pelo caminhão-betoneira até a peça a ser concretada. Quando isso não é possível pode ser feito o uso de ferramentas e equipamentos como carrinho-de-mão, jericas, elevadores de carga, guias ou bombas.

A utilização de bombas para o transporte de concreto permite a continuidade no fluxo do material e a redução da mão-de-obra necessária. As bombas podem ser estacionárias ou acopladas a lanças, e a opção entre elas é função das características do local a ser concretado, tais como, altura e dimensões, além das condições do canteiro.

A figura 3.55 exemplifica o transporte do concreto através de uma bomba estacionária ao pavimento, associado ao uso de jericas para transporte até a peça a ser concretada.



Figura 3.55 – Transporte do concreto até o local de aplicação: a) uso de bomba estacionária até o pavimento; b) uso de jerica para transporte do concreto até a peça a ser concretada.

- Aplicação

- a) Lançamento: Após ser transportado até o local de aplicação, o concreto é lançado nas fôrmas. Esta operação pode ser feita com o próprio equipamento de transporte que, com o auxílio da mão-de-obra preenche o molde do elemento estrutural que está sendo concretado (FREIRE, 2001).

A figura 3.56 exemplifica o lançamento do concreto na fôrma:



Figura 3.56 – Lançamento do concreto através da bomba com auxílio da mão-de-obra.

Apesar de simples, nesta etapa devem ser observados alguns cuidados como:

- Tempo e altura de lançamento: segundo SÜSSEKIND (1984) apud FREIRE (2001), o concreto deverá ser lançado após o

amassamento, não sendo permitido entre o fim deste e o lançamento, intervalo superior à uma hora (exceto em casos com uso de retardador de pega). Além disso, a altura de queda livre não deve ultrapassar 2m;

- Molhar as fôrmas para evitar a absorção de água de amassamento;
- Antes de aplicar o concreto, observar a limpeza da armadura;
- Não lançar o concreto após o início da pega;
- Observar se todos os equipamentos necessários para as etapas seguintes do lançamento estão disponíveis;
- O concreto lançado deve ser rastreado, ou seja, devem-se mapear as peças concretadas em função do volume aplicado, do número da nota fiscal e dos caminhões-betoneiras. Este procedimento é importante caso o concreto não atinja a resistência prevista. Desta forma, é possível identificar qual peça estrutural utilizou o concreto em questão. A figura 3.57 exemplifica um mapa de concretagem, feito a partir de um croqui do pavimento em que a concretagem está sendo executada. Neste croqui a área em que o concreto de cada caminhão-betoneira foi aplicado está sendo pintada de uma cor específica.



Figura 3.57 – Mapa de concretagem sendo preenchido pelo encarregado do pavimento.

- b) Espalhamento: Segundo FREIRE (2001), devido à dificuldade de lançar uniformemente o concreto nas fôrmas, após o lançamento, é necessário espalhá-lo. Nessa etapa utilizam-se enxadas ou pás e não se tem o objetivo de nivelar o concreto, mas apenas distribuí-lo por todo o componente estrutural, preenchendo os locais de difícil acesso e facilitando a atividade de nivelamento.

A figura 3.58 exemplifica o espalhamento do concreto com o auxílio de enxadas.



Figura 3.58 – Espalhamento do concreto com o auxílio de enxadas.

- c) O adensamento tem a função de preencher os espaços vazios do concreto, diminuindo a sua porosidade e aumentando a resistência, consequentemente aumentando a vida útil da estrutura (FREIRE, 2001).

O adensamento pode ser feito com vibradores de imersão e com régua vibratória.

As figuras abaixo exemplificam os equipamentos utilizados para fazer o adensamento do concreto.

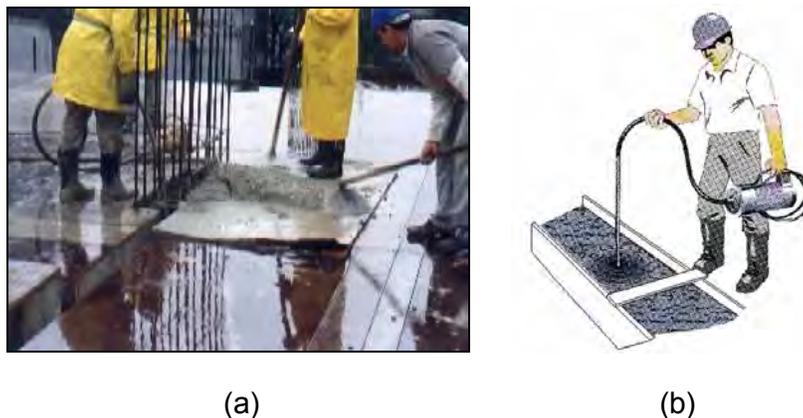


Figura 3.59 – Vibradores de imersão: a) adensamento da concretagem do pilar; b) Ilustração do vibrador de imersão (Fonte: Procedimento executivo – Cyrela).



Figura 3.60 – Régua vibratória.

d) Nivelamento: O concreto depois de adensado é nivelado superficialmente.

Esta operação também é chamada de sarrafeamento por utilizar um sarrafo apoiado em mestras que estabelecem a espessura da laje. Pode-se utilizar também taliscas de aço, madeira ou argamassa como referência de nível. Para que o nivelamento ocorra é importante que a fôrma esteja nivelada, pois isto facilita o posicionamento correto das mestras, especialmente as com alturas fixas. Portanto, durante a concretagem, torna-se necessário conferir, pela parte de baixo da laje, o nível da fôrma (FREIRE, 2001).

A partir da referência das mestras o concreto pode ser nivelado com o auxílio de régua de alumínio (figura 3.61).

Atualmente é comum a utilização do nível laser para a execução das mestras e do nivelamento do concreto.



Figura 3.61 – Nivelamento do concreto com réguas de alumínio.

- e) Acabamento superficial: Segundo FREIRE (2001), esta etapa tem a função de dar à superfície da laje a textura desejada. Entretanto, nem todas as obras chegam a executá-la, deixando a laje apenas sarrafeada. SOUZA (1996a) classifica as lajes, com relação ao padrão de acabamento superficial, em:
- lajes convencionais: são aquelas em que não existe, durante a execução, um controle efetivo do seu nivelamento e rugosidade superficial;
 - lajes niveladas: são aquelas que possuem controle do seu nivelamento, de maneira que a camada reguladora (contrapiso) passe a ser aplicada com a espessura especificada no projeto, sem, no entanto, dispensar o seu uso;
 - lajes acabadas: são aquelas que oferecem um substrato com adequada rugosidade superficial, nivelamento ou declividade, necessários à fixação ou assentamento da camada final de piso, dispensando a camada de contrapiso.
- f) Cura: PETRUCCI (1987) apud FACHINI (2005), define cura como um conjunto de medidas com a finalidade de evitar a evaporação prematura

da água necessária para a hidratação do cimento, necessários para a sua pega e seu endurecimento.

METHA & MONTEIRO (1994) apud FREIRE (2001), relata que os dois objetivos da cura são:

- Impedir a perda precoce de umidade;
- Controlar a temperatura do concreto, durante um período suficiente, para que este alcance um nível de resistência desejado.

Segundo FREIRE (2001), a cura pode ser feita por diversas alternativas como: represamento ou imersão; borrifamento de água; uso de revestimentos saturados de água; e aplicação de filme impermeável. O autor complementa que todas as superfícies do concreto necessitam de cura, porém na maioria dos casos, a mesma é feita apenas na face superior das lajes. O borrifamento de água e o represamento são as opções mais utilizadas nas obras, mas adotam-se também a cobertura com sacos de aniagem molhados e o borrifamento de resina PVA.

A figura 3.62 exemplifica a cura para a laje com represamento.



(a)

(b)

Figura 3.62 – Cura da laje utilizando o represamento de água.

3.5.2 Mão-de-obra

A mão-de-obra para execução deste serviço geralmente é feita pela mesma equipe que executou as etapas anteriores, por exemplo, carpinteiros, ajudantes

e armadores. Não existe uma regra para a execução da mão-de-obra nesta etapa variando em função da cultura da empresa. Na maioria das vezes são utilizados os carpinteiros e os ajudantes.

Esta etapa pode ser executada com mão-de-obra própria ou subcontratada.

A sua contratação pode ser feita juntamente com os serviços de fôrma e armação, ou separadamente. De um modo geral, os preços são acertados por metro cúbico de concreto conforme os quantitativos de projeto.

3.5.3 Etapas e controle do processo de concretagem

As etapas como montagem de fôrmas e concretagem dos pilares, vigas e lajes, bem como o controle e os itens de verificação constam nos Anexos de 2 a 8, que apresentam de forma completa os procedimentos executivos e as tabelas utilizadas pela construtora Cyrela Brazil Realty.

Entretanto, caso o leitor deseje se aprofundar no assunto ZORZI (2002) também apresenta detalhadamente a seqüência executiva de um ciclo da execução de estruturas do pavimento tipo (com registro fotográfico com intervalo de três horas) e os itens para acompanhamento e verificação.

3.6 CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS

A seqüência para execução de edifícios de múltiplos pavimentos abaixo é baseada na definição adotada por ASSUMPÇÃO (1996), sendo que esta é a mesma adotada por praticamente todas as empresas construtoras do setor.

A execução de edifícios de múltiplos pavimentos, em geral, segue duas frentes de trabalho que se desenvolvem através de dois subsistemas de produção.

O primeiro consiste na progressão vertical na região da Torre, ou seja, na projeção do corpo principal da edificação.

O segundo consiste no desenvolvimento horizontal, na região do Térreo, Subsolos ou na sua Periferia.

O modelo apresentado é baseado nas principais características de um empreendimento e em alguns parâmetros de produção. Entretanto, para exemplificar é apresentada a figura 3.63 que representa um cenário com poucas variáveis.

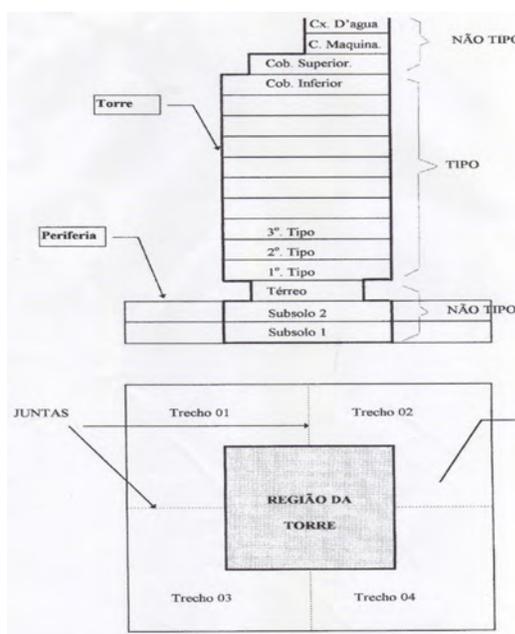


Figura 3.63 – Subsistemas de produção do edifício – Fonte ASSUMPÇÃO e ROCHA LIMA JR (1996).

3.6.1 Produção da região da torre

Este subsistema tem como principal característica a repetitividade das atividades e sua execução representa o caminho crítico do cronograma de execução. Estas atividades são executadas pavimento a pavimento, utilizando uma mesma seqüência entre serviços, cujo início é sempre condicionado a execução da estrutura.

Neste trabalho, o termo “estrutura” será sempre associado à superestrutura, ou seja, a parte da estrutura que repousa sobre as fundações.

Nos edifícios com estrutura em concreto armado que é o foco deste trabalho, sua execução é fundamental para liberação dos diversos subsistemas prediais, como vedações, revestimentos, instalações, etc.

Segundo ASSUMPÇÃO (1996), o sentido em que estes serviços são executados, de baixo para cima ou de cima para baixo, caracteriza uma trajetória de execução. Seqüência e trajetória fazem parte da estratégia ou plano de ataque, a serem utilizados para a execução da obra na região da Torre.

Vários são os motivos que levam as empresas a adotar esta seqüência. Dentre eles, os principais são:

- A importância de concentrar os esforços nas primeiras etapas desde a fundação até a estrutura do pavimento tipo, pois nesta fase ainda é possível reduzir os prazos;
- A execução da estrutura do pavimento tipo garante a liberação dos serviços subsequentes, conforme fluxograma apresentado abaixo:

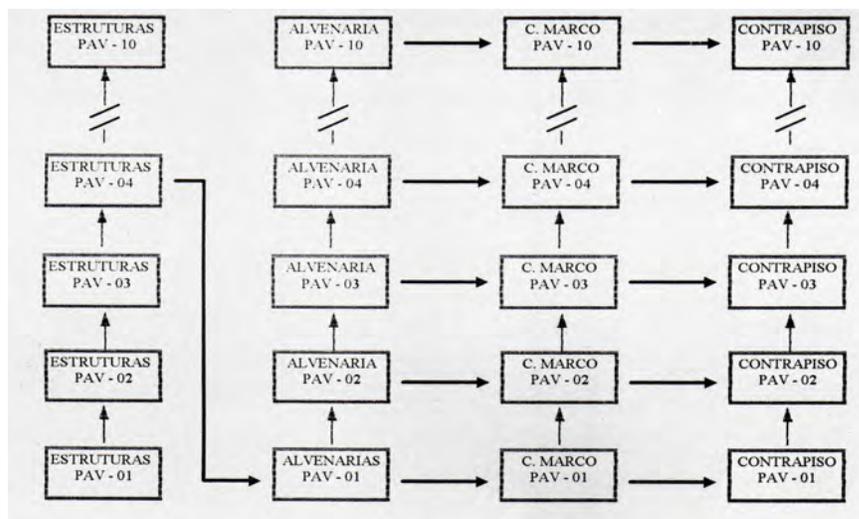


Figura 3.64 – Fluxograma das atividades do pavimento tipo - Fonte ASSUMPÇÃO e ROCHA LIMA JR (1996).

- Após o início da estrutura do pavimento tipo os ciclos são bem definidos e a execução da periferia em paralelo é fundamental para garantir o prazo da obra.

3.6.2 Produção da região da periferia

Segundo ASSUMPÇÃO (1996), a Periferia também pode ser caracterizada como subsistema que opera com atividades repetitivas, pois em geral, é executada em trechos onde os serviços seguem uma mesma seqüência executiva.

A execução em trechos muitas vezes é uma condição estabelecida já no projeto, como por exemplo, especificação de juntas de dilatação para a estrutura da Periferia. Em casos onde a situação acima não ocorre, a Periferia também é executada separadamente por trechos proporcionando melhores condições para as instalações de canteiro e melhor distribuição dos recursos empregados em sua execução.

A execução da Periferia geralmente não define o caminho crítico da obra, possibilitando sua execução em trechos onde os recursos de mão-de-obra, fôrmas e equipamentos são deslocados de trecho para trecho.

Na execução da Torre, a repetitividade dos serviços ocorre na vertical. Na Periferia ocorre na horizontal em função das partes ou trechos em que esta foi dividida.

Para ASSUMPÇÃO (1996), os conceitos de seqüência e trajetória definidos para a Torre aplicam-se também à Periferia, onde são interligadas atividades de mesmo tipo que são repetidas de trechos em trechos, enquanto que as ligações de seqüência são utilizadas para atividades diferentes que ocorrem dentro de um mesmo trecho. Esta condição de repetitividade nas atividades e as padronizações de seqüência decorrentes da utilização de um mesmo processo construtivo podem variar de uma empresa para outra. Entretanto, criam condições favoráveis devido às semelhanças que passam a existir entre as obras e seus processos de produção. Neste caso, as diferenças são caracterizadas mais por aspectos quantitativos e pelos acabamentos, do que pelo planejamento do processo de produção.

CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO

O estudo de caso apresentado foi realizado no empreendimento em que o autor deste trabalho atua como um dos engenheiros residentes.

4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O empreendimento em estudo foi construído pela Cyrela Brazil Realty. Empresa fundada em 1962 e considerada de grande porte; atua no mercado como incorporadora e construtora; possui em seu histórico empreendimentos residenciais, corporativos, shoppings e flats.

No ano de 2001 recebeu a Certificação ISO 9000, implantando o sistema de gestão em toda a empresa e em todos os canteiros de obras.

Através do Sistema de Gestão da Qualidade a empresa conta com uma infinidade de documentos que norteiam todas as suas atividades; tais documentos foram desenvolvidos pelos próprios departamentos em função das atividades realizadas no dia-a-dia. Dentre eles podemos citar: procedimentos internos referente aos processos das obras e do escritório, procedimentos executivos para cada etapa da obra, tabelas de medição e monitoração dos serviços, formulários para recebimento de materiais, cronograma e roteiro para auditorias internas e externas, relatórios apontando os principais problemas de manutenção dos empreendimentos entregues, etc.

Ingressou no mercado de ações em 2006, abrindo o capital da empresa para negociação na bolsa de valores.

Possui atualmente 24 canteiros de obras próprias em andamento e diversas obras em parceria com outras empresas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Ceará, Maranhão, Pernambuco, assim como na Argentina.

4.2 APRESENTAÇÃO DA OBRA

O empreendimento estudado foi o Paulistânia Bosque Residencial, localizado no bairro Brooklin, composto por três torres numa área total construída de 103.205,82m².

A figura 4.1 apresenta a implantação do terreno com 18.038.50m², sendo que aproximadamente 7.600m² foram destinados a um bosque já aberto para uso público independente do condomínio e aproximadamente 2.500m² que serão destinados a um bosque incorporado ao térreo do empreendimento, cuja área foi preservada durante a execução da obra.

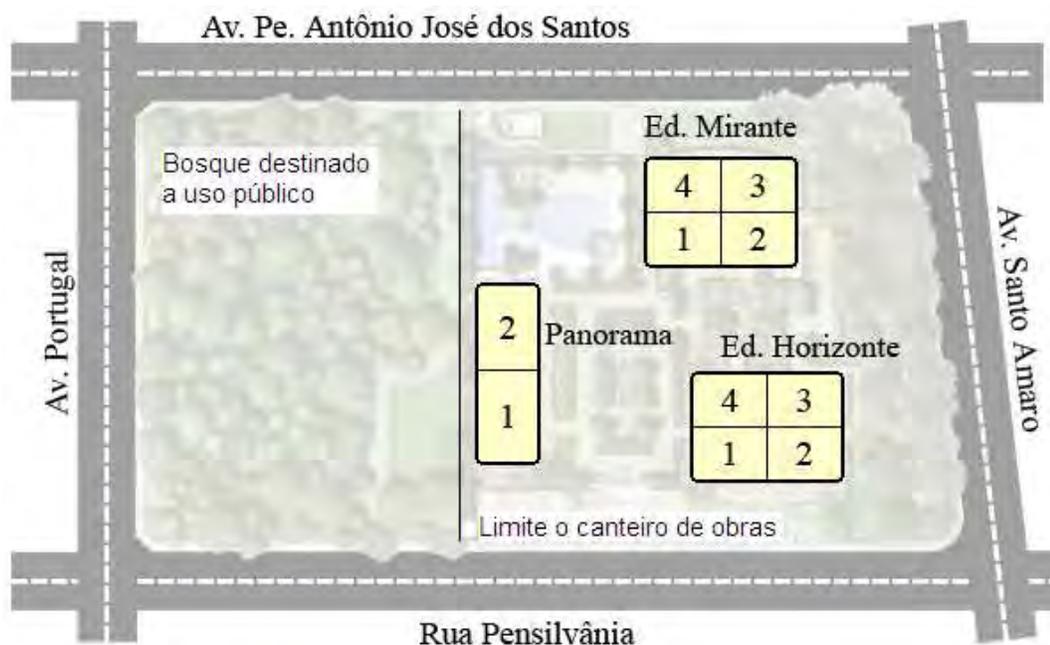


Figura 4.1 – Implantação geral do empreendimento.

O fator determinante para a escolha deste empreendimento como objeto de estudo foi o desafio de executar uma obra de aproximadamente 103.000m² com um canteiro de aproximadamente 7.900m², analisando a produção da estrutura em concreto armado e sua interface com o prazo, custo e qualidade, além da logística de abastecimento, estocagem, transporte de materiais e mão-de-obra.

4.2.1 Caracterização do empreendimento

A seguir é feita a caracterização do empreendimento Paulistânia Bosque Residencial, fornecendo informações importantes para o conhecimento do projeto em questão.

- Condomínio residencial formado por três torres de 36 pavimentos, sendo 34 tipos e 02 duplex. Possui 05 subsolos, com o 1º subsolo no nível da rua, sendo os outros subseqüentes abaixo e o 5º subsolo com área de projeção menor, equivalente a 60% dos demais, totalizando 1.148 vagas;
- As áreas privativas contemplam:
 - Torres Mirante e Horizonte com 4 apartamentos de 178m² por andar, totalizando 272 unidades. As coberturas destas torres totalizam 8 unidades;
 - Torre Panorama com 2 apartamentos de 229m² por andar, totalizando 68 unidades. As coberturas desta torre totalizam 2 unidades.

As perspectivas das torres são apresentadas pela figura 4.2.



(a)



(b)

Figura 4.2 – Perspectivas artísticas das torres do empreendimento: a) Torre Panorama; b) Torres Horizonte e Mirante.

- Prazo de execução: 32 meses (abril/2006 a novembro/2008);

- Equipe da obra: composta por 01 engenheiro sênior, 02 engenheiros de produção, 05 estagiários, 01 encarregado administrativo, 01 auxiliar administrativo, 02 almoxarifes, 01 auxiliar de almoxarifado, 01 mestre de obra, 03 encarregados de carpintaria, 03 encarregados de acabamento e 01 encarregado de fachada;
- Dados adicionais:
 - Para início das atividades no canteiro de obra foi necessária a demolição da estrutura inacabada de um edifício comercial existente no terreno, na mesma posição da Torre Horizonte, composta por 05 subsolos e pavimento térreo. Estas atividades iniciaram 03 meses antes do prazo da obra e também foi necessária a execução de tirantes na parede diafragma existente para prosseguir com a demolição;
 - Área do pavimento tipo: Torre Panorama: 514m²; Torres Horizonte e Mirante: 773m²;
 - Área de estrutura da periferia: 27.370m²;
 - Volume total de concreto: 14.500m³ (neste volume não foi considerado a parede diafragma);
 - Consumo total de aço: 3.275 toneladas;
 - Área de projeção do trecho escavado: 5.900m²;
 - Volume de escavação: 47.540m³;
 - Volume de entulho proveniente da demolição: 2.100m³;
 - Equipamentos para execução da obra: foi previsto em orçamento 18 meses de utilização de 01 grua com lança de 50 metros para atender as 03 torres e 02 cabines de elevadores cremalheiras para cada torre. A diretriz da empresa foi: utilização da grua priorizando a estrutura. Quanto às montagens dos elevadores cremalheiras, foram liberadas da seguinte forma: a primeira cabine foi montada quando a estrutura atingiu o 1º pavimento e a segunda quando iniciou a alvenaria;
 - Execução da estrutura com mão-de-obra própria;

- Objetivos do projeto:
 - Garantir o resultado econômico e comercial esperado;
 - Atender às necessidades dos clientes quanto ao prazo, escopo e qualidade;
 - Atender às exigências normativas e ao Sistema de Gestão da Qualidade da empresa.
- Metas do projeto:
 - Conclusão da obra até novembro de 2008;
 - Permitir a realização da assembléia do condomínio no mês seguinte.

4.2.2 Caracterização das principais restrições e limitações operacionais

Conforme comentado no primeiro capítulo, neste trabalho entende-se como “restrições e limitações operacionais”, o conjunto de características e influências que impõem condições desfavoráveis à execução da obra.

Serão relatadas a seguir as principais restrições e limitações para a execução da obra do empreendimento Paulistânia.

- Área para implantação do canteiro: a área total do terreno é de 18.038,50m² (A), desta área 7.600m² (B) são destinados a um bosque de uso público, 2.500m² (C) são destinados a um bosque particular do condomínio e 5.900m² (D) são referentes a área de projeção da escavação. Desta forma, restam aproximadamente A-B-C-D=2.000m² à implantação do canteiro para executar uma obra de 103.000m²;
- Restrições ambientais: toda a área verde do bosque incorporado ao empreendimento deve ser preservada e não pode ser utilizada durante a obra para nenhuma finalidade;

O bosque de externo ao empreendimento foi aberto ao uso público antes do início das obras, sendo sua conservação e manutenção

responsabilidade da construtora durante o período da obra. Além disso, o seu posicionamento junto ao canteiro exige o máximo de cuidado na execução dos serviços, pois o bosque é extremamente freqüentado durante o dia;

- Restrições de acesso: o canteiro pode ser acessado por três ruas e existem diversas restrições da Companhia de Engenharia de Tráfego quanto à utilização destas. Na Avenida Santo Amaro o tráfego de caminhões é proibido. Na Rua Padre Antônio José dos Santos o estacionamento de caminhões é proibido. Na Rua Pensilvânia o tráfego e estacionamento de caminhões são permitidos, com ressalva de não atrapalhar o trânsito local;
- Disposição do canteiro: devido à disposição das torres e a área de escavação dos subsolos, o abastecimento e o estoque de materiais podem ser feitos somente pela periferia. A execução da estrutura da periferia com aproximadamente 27.370m² necessita ser planejada para garantir a produção das torres.

Além disso, a disposição das torres no terreno permitiu somente a locação de uma única grua para atender as três torres;

- Demolição de uma estrutura existente no terreno com 5 subsolos e pavimento térreo;
- Quantidade de pavimentos: a execução de três torres com 36 pavimentos e aproximadamente 125 metros de altura requer alguns cuidados no planejamento dos serviços, pois influenciam em fatores como, por exemplo:
 - Tempo necessário para executar o transporte vertical, devido à velocidade dos equipamentos convencionais o abastecimento pode ser comprometido, afetando o rendimento da mão-de-obra;
 - O bombeamento do concreto deve ser realizado com equipamentos especiais. Além disso, esta altura de lançamento aumenta consideravelmente o preço do concreto;

- Dimensionamento das telas de proteção das fachadas: devem ser consideradas a ação do vento e o peso das mesmas em seus locais de fixação.

A escolha da malha da tela a ser utilizada é bastante delicada. A opção de uma malha mais fina acarreta em aumento do peso próprio, do custo e da ação do vento. Entretanto, uma malha maior facilita a passagem da poeira e resíduos da obra, gerando transtornos com a vizinhança;

- Devido à quantidade de pavimentos são necessárias reformas nas fôrmas, tanto pelas reutilizações, quanto pelas mudanças nas dimensões das peças estruturais como vigas e pilares. Estes fatores devem ser considerados nos prazos e no dimensionamento das equipes.

- A quantidade de funcionários necessários na “fase de pico da obra” exige um planejamento mais complexo das áreas de vivência e vestiários;
- Quantidade de concretagens e volume de concreto utilizado: quando a estrutura das torres atinge o pavimento tipo o ciclo de concretagem das lajes passa a ser de cinco dias, ou seja, os pilares são concretados no terceiro dia e as lajes no quinto dia.

Desta forma, no caso da obra do empreendimento Paulistânia, cada torre executando 2 concretagens por ciclo, totalizam 6 concretagens por semana, sem contar a periferia. Esta condição dificulta ainda mais a logística da obra, pois além da dificuldade em conseguir junto aos fornecedores a quantidade de equipamentos necessários para bombear todo o concreto, os volumes são grandes. Além disso, o canteiro precisa dispor de espaço para comportar as bombas de concreto e os caminhões-betoneira, enquanto todos os demais serviços continuam em andamento.

Além dos principais pontos levantados acima, em uma obra com aproximadamente 103.000m² a quantidade de material que se recebe todos os dias é grande. Podemos citar como exemplo algumas quantidades de materiais básicos registrados diariamente no decorrer da obra conforme abaixo, numa

fase em que muitos serviços estavam sendo realizados simultaneamente: 9 caminhões de blocos de concreto, 6 viagens de areia, 1 caminhão de cimento, 1 carreta de cerâmica, etc.

4.3. PLANEJAMENTO, LOGÍSTICA DOS SERVIÇOS QUE ANTECEDEM A ESTRUTURA

Conforme já citado anteriormente o foco deste trabalho é a execução da estrutura, porém é importante tratar e identificar as atividades que a antecedem e interferem no seu desempenho e na sua execução.

Os tópicos abaixo tratam das atividades que antecedem a execução da estrutura propriamente dita, além de identificar o planejamento e as decisões tomadas visando a sua execução sem interrupções ou interferências.

4.3.1 Estudos prévios ao início da obra

A empresa dispõe de um procedimento interno que define os envolvidos, suas principais responsabilidades e as ferramentas para elaborar o planejamento.

A tabela 4.1 exemplifica resumidamente a hierarquia do planejamento identificada na empresa em questão, relatando os responsáveis e as principais funções desempenhadas por cada departamento envolvido.

PLANEJAMENTO	RESPONSÁVEL	FUNÇÕES PRINCIPAIS
Estratégico	Diretoria	> Definir a missão da empresa;
		> Definir os objetivos da empresa e identificar o problemas que a impedem de atingi-lo
		> Definir a postura da empresa perante o mercado;
		> Definir fontes e direcionar investimentos;
		> Estabelecer parcerias.
Tático	Depto de Incorporação	> Definir os produtos a serem oferecidos e preços de comercialização; > Analisar a viabilidade;
	Depto de Planejamento	> Elaborar o cronograma macro físico e financeiro da obra; > Definir os recursos a serem utilizados;
	Depto de Desenvolvimento Tecnológico e Depto de Projetos	> Definir o tipo de tecnologia construtiva a ser adotada;
		> Elaborar o projeto executivo
		> Definir os tipos de materiais e mão-de-obra a serem aplicados.
		> Definir os tipos de materiais e mão-de-obra a serem aplicados.
Operacional	Coordenação e Engenharia da obra	> Elaborar o cronograma detalhado;
		> Fazer o planejamento, acompanhamento e controle da produção;
		> Definir a logística da obra;
		> Adequar os recursos às necessidades da obra em função do orçamento e cronograma;
		> Adequação da tecnologia construtiva às particularidades da obra;
		> Definir planos de ação;
		> Contratação dos recursos;
> Detalhar as atividades necessárias para realização do projeto.		

Tabela 4.1 – Hierarquia do planejamento identificada na empresa.

Nota-se que a autonomia do engenheiro da obra na definição da tecnologia construtiva, dos materiais a serem utilizados e na contratação da mão de obra é muito limitada. Isto permite a padronização de soluções nas diversas obras, maior agilidade e economia em escala. Por outro lado, o conhecimento e a vivência dos engenheiros de obras poderiam trazer muitos benefícios, caso houvesse maior participação destes profissionais nas etapas que antecedem a obra.

Nos parágrafos seguintes serão relatadas as rotinas adotadas pela empresa para a execução da obra.

Antes do início das atividades, a equipe que executou a obra recebeu um cronograma macro, ou seja, nele estão determinadas as datas de início e término das principais atividades conforme descritas abaixo e sua relação com o desembolso previsto no decorrer dos meses:

- Instalações provisórias e mobilização do canteiro;
- Demolição da estrutura existente e contenções (tirantes);

- Trabalhos em solo: escavação e terraplenagem;
- Fundações: estaca escavada e raiz, perfis metálicos, tubulões e sapatas;
- Estrutura em concreto armado;
- Alvenaria;
- Instalações elétricas, hidráulicas, sistemas e aparelhos de iluminação;
- Ar condicionado, ventilação e pressurização;
- Elevadores;
- Revestimentos internos;
- Impermeabilizações, coberturas e tratamentos;
- Revestimento de pisos;
- Revestimento de fachadas;
- Esquadrias metálicas e PVC;
- Esquadrias de madeira;
- Pintura;
- Instalação de louças e metais;
- Equipamentos;
- Pisos externos, acabamentos especiais, paisagismo e decoração;
- Limpeza;

A partir do cronograma macro e conhecendo o produto a ser construído, o engenheiro da obra é responsável pela execução do planejamento da obra. Após análise dos projetos, do escopo e dos custos é feito o cronograma detalhado (Anexo 1) das atividades, considerando neste todas as particularidades da obra.

A principal ferramenta adotada para a elaboração do cronograma e acompanhamento das atividades na fase de estrutura é o Microsoft Project.

Também são feitas reuniões entre a equipe que executará a obra e projetistas para apresentação dos projetos, conceitos, particularidades, pontos críticos e esclarecimento de dúvidas. A figura 4.3 exemplifica um dos pontos críticos e conceitos apresentados pelo projetista de estrutura nesta reunião:

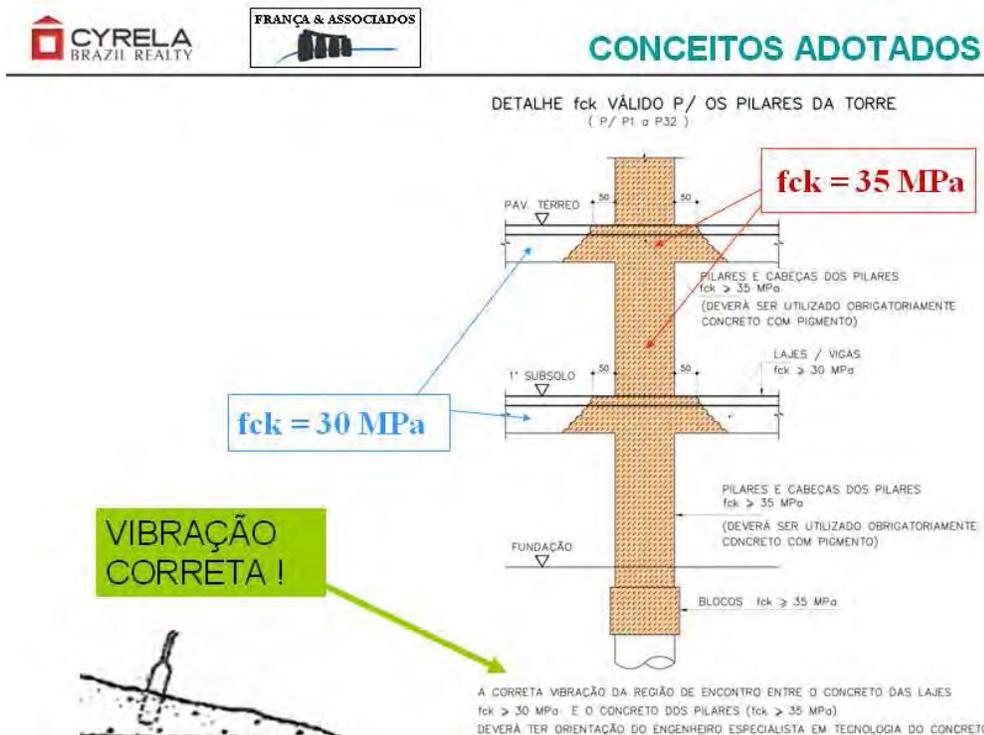


Figura 4.3 – Exemplo da apresentação do projetista estrutural - Indicação do fck dos pilares e lajes – Fonte: FRANÇA & ASSOCIADOS.

Nota-se que este procedimento é importante para a equipe da obra se aprofundar no conhecimento do projeto e se aproximar da equipe de projetistas.

Também faz parte do planejamento da obra o “Plano de Qualidade da Obra (PQO)”, este documento é elaborado pelo engenheiro residente visando definir as diretrizes básicas para implantação do sistema de gestão da qualidade e adequá-lo às particularidades da obra. Neste documento estão contidas informações como apresentação da obra, relação de projetistas, procedimentos executivos a serem utilizados, as atribuições de cada membro da equipe, alterações de projetos, alterações ou exclusões quanto à utilização dos

procedimentos, relação de documentos e projetos pendentes que comprometem o caminho crítico da obra, relação de documentos necessários para início, execução e término da obra.

A importância deste documento torna-se clara, pois força um comprometimento da equipe com o sistema de gestão e melhora o conhecimento das tecnologias a serem aplicadas.

4.3.1.1 Identificação do caminho crítico e definição do plano de ataque para execução da obra

No planejamento da execução da obra do empreendimento Paulistânia foram identificadas duas atividades principais como caminho crítico do cronograma, a primeira delas é a estrutura em concreto armado, que será objeto de estudo e a segunda é o revestimento da fachada que não será focado neste trabalho.

O objetivo principal do planejamento da execução da estrutura foi dar condições para sua execução sem interrupções, garantindo o prazo, custo e a qualidade de todo o processo.

Conforme já apresentado acima, a obra do empreendimento Paulistânia possui uma área útil para montagem do canteiro de obras de aproximadamente 7.900m², que aparentemente parece confortável, porém quando se trata da execução de 03 torres e da escavação de uma área de 6000m² o canteiro fica muito limitado. Além disso, as ruas que dão acesso à obra possuem restrições quanto à Companhia de Engenharia de Tráfego (CET).

Foram feitas diversas reuniões com a CET visando facilitar o acesso à obra e reduzir o transtorno nas ruas. Dentre os assuntos tratados nestas reuniões podemos citar as seguintes definições:

- Ficou mantida a restrição ao tráfego de caminhões na Avenida Santo Amaro, mesmo no trecho da obra;
- Na Rua Padre Antonio José dos Santos não foi permitido o estacionamento de automóveis e caminhões;

- Na Rua Pensilvânia foi permitido o estacionamento, com a ressalva de não atrapalhar o trânsito local;
- Foram criados bolsões nos recuos, em locais estratégicos de alcance da grua, conforme figura 4.9, para estacionamento dos caminhões, bombas de concreto, descarga de materiais, etc.

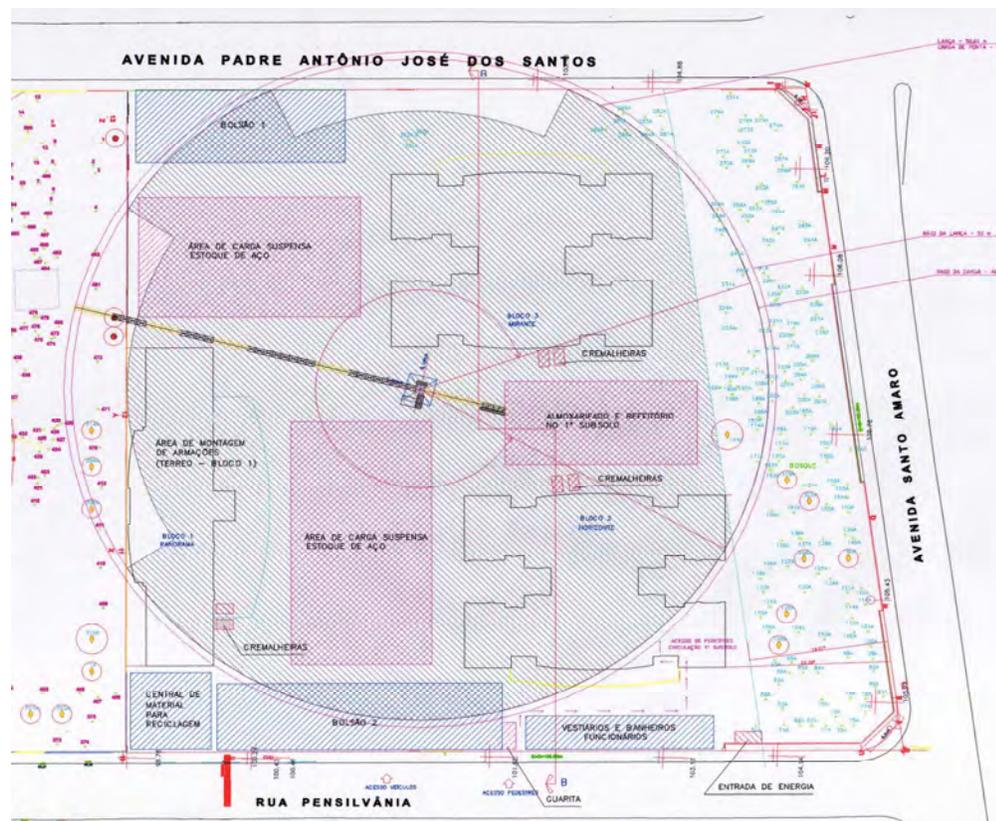


Figura 4.4 – Localização dos bolsões, grua e cremalheiras. Definição da área de alcance da grua.

Baseadas nestas limitações foram definidas algumas premissas para planejamento do canteiro e da execução da estrutura:

- Priorizar a escavação e fundação para liberação da estrutura nas projeções das torres;
- Conduzir a execução da periferia atendendo às necessidades da obra em cada uma de suas fases. A primeira necessidade era garantir o acesso dos materiais às torres, a segunda foi estabelecer uma ligação entre as torres, a

terceira foi garantir a melhor reutilização do cimbramento e fôrmas, e a quarta transferir as áreas de vivência e estoque de materiais para as lajes prontas;

- Utilizar ao máximo as áreas cobertas do 1º subsolo, que ficam no nível da rua, para abastecer as torres com materiais;
- Locar e posicionar uma única grua disponível no orçamento da obra de forma estratégica, com capacidade e comprimento de lança suficiente para acessar os bolsões de carga e descarga visando o abastecimento das três torres.

Nos próximos tópicos são apresentados, para cada serviço, o que foi planejado e as diretrizes adotadas para o cumprimento do prazo previamente estabelecido.

4.3.2 Instalações provisórias e mobilização do canteiro

Em função das particularidades de cada obra e dos procedimentos executivos foi feito o planejamento para mobilização do canteiro de obras e início das atividades com base nos seguintes documentos e considerações:

- Projeto de prefeitura;
- Projeto de estrutura do pavimento tipo;
- Projeto de estrutura dos subsolos e térreo;
- Projeto de fundações;
- Cópia do Termo de Compromisso Ambiental aprovado;
- Alvará de construção e demolição;
- Laudo de vistoria de vizinhos;
- Projeto para gestão de resíduos;
- Seguro da obra;
- Posição do stand de vendas;
- Pontos de acesso à obra para carga e descarga, e rampas provisórias para escavação;

- Locação da rede de água e esgoto;
- Locação da entrada de energia e capacidade para atender a obra;
- Locação das áreas de vivência, sanitários, almoxarifados, equipamentos (Ex.: Cremalheiras e grua), principais áreas de processamento e estoques (Ex.: central de fôrmas, central de argamassa, estoque e pré-montagem de armadura) visando atralpalhar o mínimo possível a execução da obra;
- Procedimentos internos do Sistema de Gestão da Qualidade;

No caso da obra do empreendimento Paulistânia, as áreas de vivência construídas inicialmente atendiam a uma demanda de aproximadamente 200 funcionários. Como o previsto para o pico da obra era de 600 funcionários à medida que a execução da estrutura em concreto armado avançava, estas eram transferidas para os subsolos e adequadas à quantidade de funcionários. O escritório foi transferido para a casa do zelador e depósitos (térreo). O almoxarifado e refeitório foram transferidos para o 1º subsolo, porém o barraco de obra foi preservado, utilizando-o como vestiários e banheiros de funcionários.

4.3.3 Demolição e contenções

Juntamente com a estrutura demolida já existia no terreno a parede diafragma que foi mantida. O projeto de fundações também definiu a quantidade e locação dos tirantes, sendo que a restrição para início da demolição era atirantar a parede diafragma neste trecho.

A estrutura demolida estava locada na mesma posição que a torre Horizonte e desde o início foi previsto no cronograma uma defasagem de três semanas com relação às demais torres, pois as cotas de apoio da fundação seriam definidas somente após a conclusão da demolição e análise do consultor.

Estes serviços foram iniciados em jan/2006 e foram concluídos em aproximadamente 6 meses. Os recursos utilizados para sua execução foram os mesmos descritos no tópico seguinte.

4.3.4 Trabalhos em solo

A estrutura em concreto armado ao atingir o pavimento tipo passa a ter ciclos bem definidos de execução. No caso da Cyrela o ciclo tem 05 dias, ou seja, nesta etapa não é possível ganhar tempo, somente manter o prazo ou atrasar. Desta forma, as etapas iniciais como terraplenagem, locação da obra, fundação e estrutura da periferia devem acontecer no menor prazo possível.

O volume de terra escavado e retirado foi de 47.540m³ e de entulho foi de 2.100m³. Realizou-se um projeto de escavação conforme figura 4.5 priorizando a projeção das torres e considerando todas as limitações do canteiro de obras que serão apresentadas a seguir.

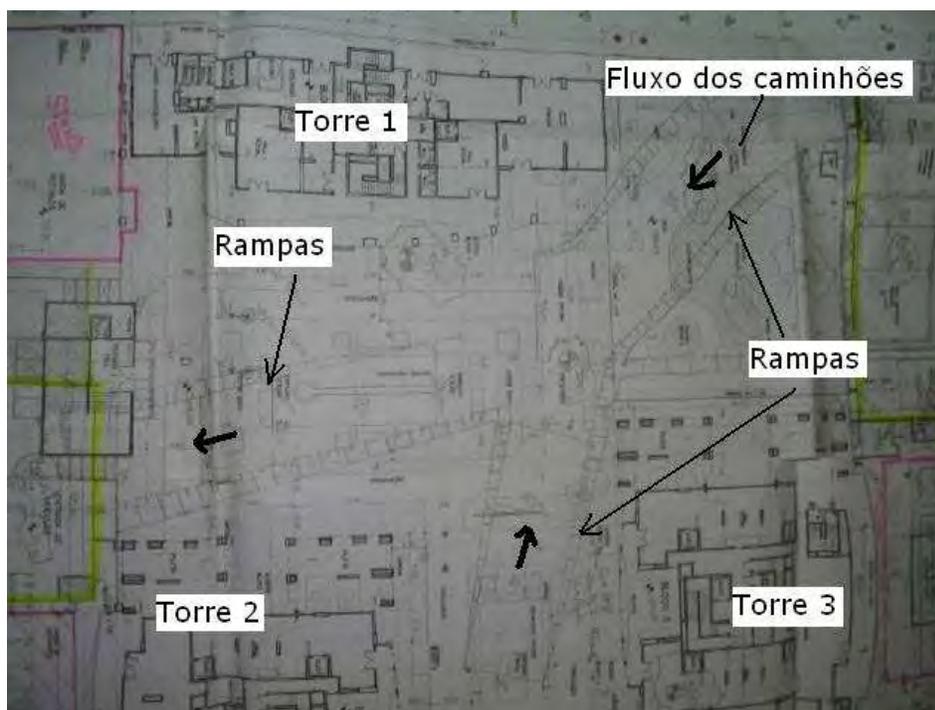


Figura 4.5 – Projeto de escavação.

Em função deste grande volume optou-se por utilizar três escavadeiras hidráulicas tipo PC200, duas para escavar e carregar os caminhões e outra com rompedor hidráulico substituindo a concha para demolição da estrutura existente visando reduzir o prazo para liberação da estrutura das torres, conforme figura 4.6.



Figura 4.6 – Escavação e demolição (abril/2006).

A fundação da Torre Panorama é tipo estaca escavada e foi necessário fazer a locação da obra e executá-las através de uma cota superior para facilitar o acesso do equipamento, pois o solo existente na cota final do 5º subsolo não possuía capacidade de carga para a perfuratriz. Portanto, foi priorizada a pré-escavação no trecho da Torre Panorama para liberar a execução das estacas. Simultaneamente à execução das estacas da torre Panorama, prosseguia a escavação da Torre Mirante, sendo a primeira a ser concluída.

A demolição e remoção de entulho da Torre Horizonte foi concluída em seguida, porém a demolição das sapatas que existiam no local alterou significativamente a cota de apoio da nova fundação. Esta alteração acarretou em atrasos, pois foi necessário que o projetista estrutural recalculasse a armação dos pilares.

Após a execução das estacas da Torre Panorama a escavação foi concluída, sendo necessária a execução de um novo gabarito.

Devido à restrição junto à CET, os caminhões não podem trafegar pela Avenida Santo Amaro, conseqüentemente estes acessavam a obra pelos fundos (R. Padre Antonio José dos Santos) e saíam carregados pela frente (R. Pensilvânia). A figura 4.7 exemplifica o fluxo que foi planejado para os caminhões.



Figura 4.7 – Fluxo dos caminhões para retirada de terra (junho/2006).

A locação da obra foi definida em função da retirada de terra, levando em consideração o fluxo interno de veículos e a prioridade de liberar a projeção das torres. Desta forma, cada torre possuía seu próprio gabarito, evitando grandes dimensões, garantindo maior qualidade na locação da obra sem atrapalhar a continuidade da escavação. Com a projeção das torres liberadas, prosseguia a escavação da periferia e iniciava a execução da fundação, conforme figura 4.8.



Figura 4.8 – Gabarito e fundação da Torre Mirante (junho/06).

4.3.5 Fundações

Os tipos de fundação foram definidos pelo projeto de fundações da seguinte forma: na Torre Panorama foi utilizada estaca escavada, nas Torres Mirante e Horizonte foram utilizadas sapatas, na periferia utilizou-se estaca raiz ou perfis metálicos e sapatas. A Torre Horizonte possui um trecho de sua projeção fora da parede diafragma e neste trecho devido à dificuldade de acesso de grandes equipamentos foi definida a execução em estaca raiz, conforme figura 4.9:



Figura 4.9 – Execução de estaca raiz na Torre Horizonte (julho/2006).

A execução de estaca raiz utiliza um grande volume de água para auxiliar na escavação. No caso da obra do empreendimento Paulistânia devido à resistência do solo, o volume de água consumido chegava a 40.000 litros por dia, gerando atrasos e muitos transtornos à obra e aos vizinhos, pois se tornava necessário criar reservatórios para decantar a lama antes de eliminar a água. Portanto, exceto a um pequeno trecho da Torre Horizonte toda a periferia foi executada com perfil metálico, pois era uma opção para substituir a estaca raiz.

Na projeção das Torres Horizonte e Mirante foi aprovado pelo consultor de fundações a escavação mecanizada da região com maior concentração de sapatas até 50 cm da cota de apoio das mesmas. Esta definição foi fundamental para redução do prazo, pois o volume de terra a ser escavado

manualmente foi reduzido de forma considerável. Além disso, antes de liberar a escavação mecanizada deste trecho houve uma preocupação em checar se o volume de terra gerado pela escavação manual restante era suficiente para o reaterro.

A fundação da Torre Horizonte teve a cota de apoio rebaixada em dois metros em função das sapatas demolidas. Este fato foi o caminho crítico para o início da estrutura, pois os pilares foram prolongados. Além da necessidade do projetista de estrutura recalculer os pilares neste trecho, o volume de reaterro foi muito maior, conforme figura 4.10.



Figura 4.10 – Prolongamento dos pilares e reaterro da Torre Horizonte (agosto/2006).

A escavação manual foi dividida em dois empreiteiros visando ganhar tempo, pois as três torres já estavam liberadas. Um dos empreiteiros executou todo o trecho de sapatas e o outro executou os blocos para as estacas e perfis metálicos.

Toda execução de fôrmas e concretagem para blocos e baldrames foi feita com mão-de-obra própria, sendo a mesma equipe que posteriormente executou a estrutura.

A mão-de-obra para armação foi sub-contratada e o aço fornecido pré-cortado e pré-dobrado.

Para tornar mais rápido o início da estrutura, a fundação de cada torre foi dividida em duas partes. Após a conclusão da primeira parte iniciava-se o reaterro e compactação utilizando a terra gerada pela escavação manual. Depois de liberada pelo consultor de fundações a equipe de carpinteiros dava início à montagem do cimbramento, conforme figura 4.11.



Figura 4.11 – Montagem da fôrma do piso do 4º subsolo da Torre Panorama (agosto/06).

4.4 PLANEJAMENTO E PRODUÇÃO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

As torres e a periferia foram executadas em estrutura reticulada em concreto armado. Abaixo são apresentados alguns dados referentes à estrutura do pavimento tipo.

4.4.1 Caracterização da estrutura

Abaixo são apresentadas as informações relevantes para caracterização e conhecimento da estrutura estudada.

Torre Panorama:

- Área de projeção do pavimento tipo: 514m²;

- Área de contato de fôrma: 472,63m² para pilares, 428,28m² para lajes, 283,61m² para vigas e 32,6m² para escadas totalizando 1.217,12m²;
- Volume de concreto: 50,5m³ para pilares e escadas, e 86m³ para vigas e lajes totalizando 136,5m³;
- Peso da armadura: 10.675 Kg por pavimento;
- 35 pilares e 02 escadas;
- Planta de fôrma do pavimento tipo conforme figura 4.12:

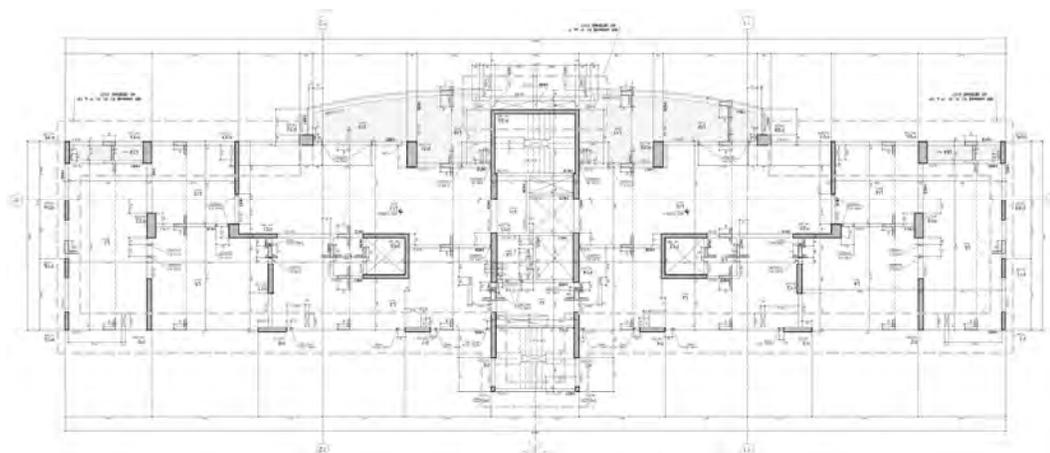


Figura 4.12 – Planta de fôrma do pavimento tipo da Torre Panorama.

Torres Horizonte e Mirante:

- Área de projeção do pavimento tipo: 773m²;
- Área de contato de fôrma: 678,74m² para pilares, 668,28m² para lajes, 426,07m² para vigas e 31,98m² para escadas totalizando 1.805,07m²;
- Volume de concreto: 63m³ para pilares e escadas, e 142m³ para vigas e lajes totalizando 205m³;
- 62 pilares e 02 escadas;
- Peso da armadura: 15.811 Kg por pavimento;
- Planta de fôrma do pavimento tipo conforme figura 4.13:

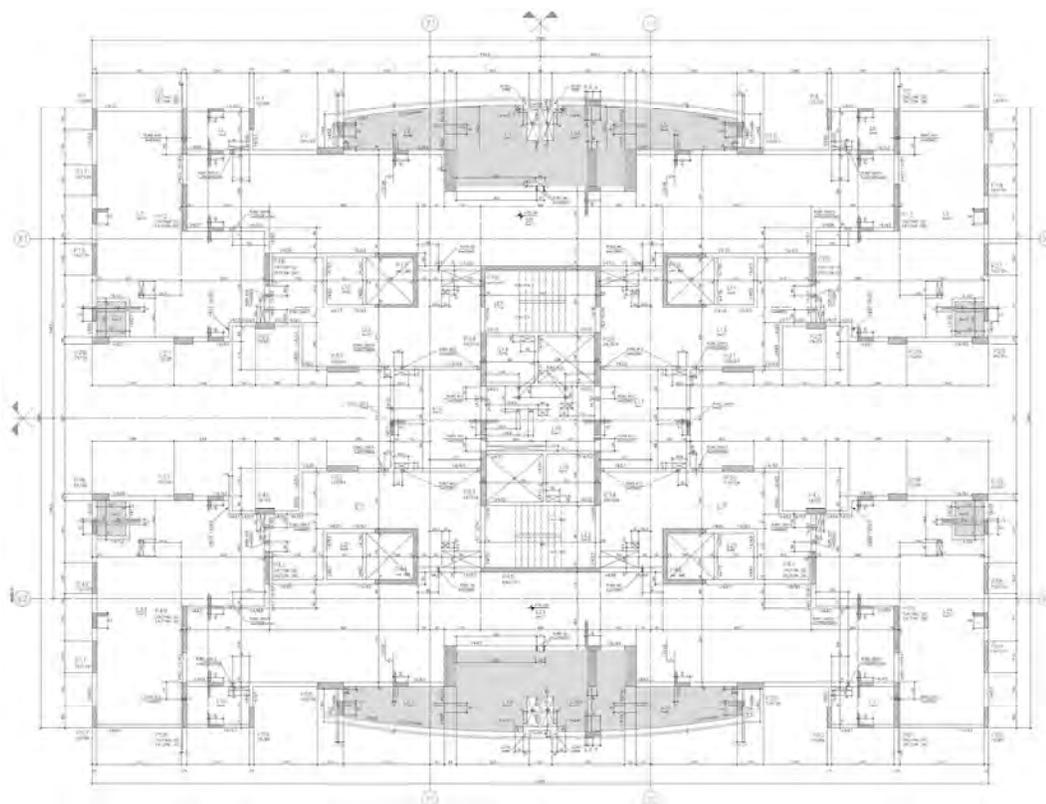


Figura 4.13 – Planta do pavimento tipo das Torres Horizonte e Mirante.

4.4.1.1 Índices representativos

A tabela 4.2 apresenta os índices representativos para a produção da estrutura em concreto armado segundo a proposta feita por ZORZI (2002) e os valores para cada um deles, específicos para os pavimentos tipo das três torres.

Tabela 4.2 – Índices representativos e valores específicos para a produção da estrutura da obra do estudo de caso, segundo proposta feita por ZORZI (2002).

ÍNDICE		Torre Panorama	Torres Horizonte e Mirante
(1)	m ² AC fôrma / m ² AP	2,4	2,3
(2)	m ² AC fôrma / m ³ concreto	9,4	8,7
(3)	m ² AP / número pilares	14,7	11,4
(4)	esp. média concreto (cm)	26,6	26,5
(5)	taxa armad. (kg/m ³ conc.)	78,2	77,1
(6)	taxa armad. (kg/m ² AP)	20,8	23,9

- **(1) - m^2 AC fôrma / m^2 AP:** representa a relação entre área de contato de fôrma (AC fôrma representa a área de contato da fôrma, ou seja, toda a área de madeira do molde que efetivamente fica em contato com a superfície do concreto) e área de projeção total do pavimento (sem descontar vãos de elevadores, shafts, etc.);
- **(2) - m^2 AC fôrma / m^3 concreto:** representa a relação entre área de contato de fôrma e volume total de concreto do pavimento (pilares, vigas, lajes e escadas);
- **(3) - m^2 AP / número pilares:** representa a relação entre área de projeção total do pavimento (m^2 AP) e quantidade de pilares existentes no pavimento;
- **(4) - espessura média de concreto:** representa a relação entre volume total de concreto do pavimento e área de projeção total do pavimento (m^2 AP);
- **(5) e (6) - taxa de armadura:** representa a relação entre massa total de armadura do pavimento (pilares, vigas, lajes e escadas) e:
 - (5) - volume total de concreto do pavimento, em kg/m^3 conc.;
 - (6) - área de projeção total do pavimento, em kg/m^2 AP.

4.4.2 Projeto de produção de fôrmas

Na obra do empreendimento Paulistânia foi utilizado projeto de produção de fôrmas de madeira para a execução da estrutura em concreto armado do pavimento tipo. Para os demais trechos a empresa adotou como diretriz utilizar as mesmas soluções de projeto, além de disponibilizar a consultoria do projetista. O projeto foi fornecido à obra com antecedência possibilitando o questionamento de algumas soluções e alterações sem prejudicar a produção das fôrmas.

O projeto de produção de fôrmas foi fundamental para a industrialização de todo o processo, além de fornecer a orientação necessária à equipe de produção evitando as decisões e adaptações de canteiro. As figuras a seguir exemplificam alguns detalhes do projeto de fôrmas da obra.

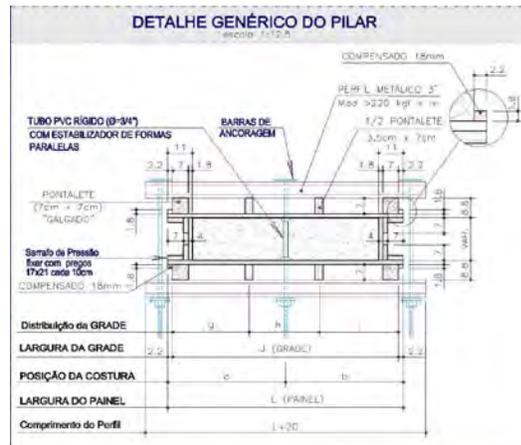


Figura 4.14 – Detalhe genérico do pilar – Fonte: Projeto de Fôrmas (ASSAHI ENGENHARIA).

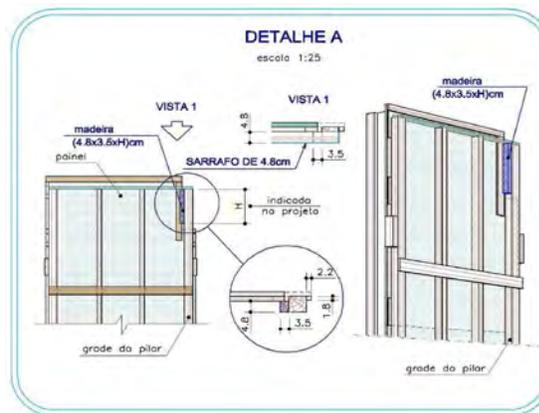


Figura 4.15 – Detalhe para painel do pilar – Fonte: Projeto de Fôrmas (ASSAHI ENGENHARIA).

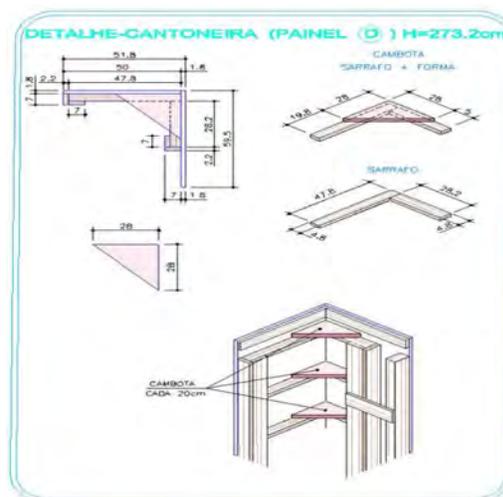


Figura 4.16 – Detalhe cantoneira para painel do pilar – Fonte: Projeto de Fôrmas (ASSAHI ENGENHARIA).

Segundo ZORZI (2002), o projeto de produção de fôrmas é um produto decorrente do planejamento da execução. Neste, todos os estudos, estratégias e considerações contempladas na fase de planejamento devem ser documentadas e divulgadas de forma rápida e precisa aos executores.

4.4.3 O sistema de fôrmas

4.4.3.1 Caracterização

O sistema de fôrmas utilizado na obra foi do tipo tramado conforme apresentado no capítulo 3, com as características abaixo.

- Fôrma fabricada no próprio canteiro de obras;
- Mão-de-obra própria para todo serviço de carpintaria;
- Fôrma para molde dos pilares em painéis de chapas de madeira compensada plastificada com 18mm de espessura, estruturados verticalmente com grades fabricadas em madeira serrada (pontaletes e meio pontaletes) e horizontalmente com guias em perfis metálicos, amarração com barras de ancoragem e prumo com auxílio de mãos-francesas em cantoneiras metálicas conforme figura 4.17;



Figura 4.17 – Fôrma para molde dos pilares.

- Fôrma para molde das vigas composta por painéis de chapas de madeira compensada plastificada de 18mm de espessura, estruturadas com sarrafos e escoras de madeira (garfos) para escoramento e travamento. Os garfos possuem barras de ancoragem para travamento dos painéis laterais das vigas. Algumas vigas, em função da sua altura, possuem linha intermediária de amarração com barra de ancoragem conforme as figuras abaixo;



Figura 4.18 – Fôrma para molde das vigas e encontro com pilar.



Figura 4.19 – Fôrmas e garfos de madeira para escoramento das vigas.

- Fôrma das lajes em chapas de madeira compensada plastificada de 18mm de espessura. Cimbramento em sistema tramado, vigamento inferior e superior com vigas tipo H20 apoiadas em escoras pontuais metálicas, conforme figuras a seguir:



Figura 4.20 – Cimbramento das lajes – Fonte: Peri, s.d.



Figura 4.21 – Cimbramento com vigas tipo H20.



Figura 4.22 – Assoalho em madeira compensada plastificada.

4.4.3.2 Mão-de-obra

O único serviço em que a Cyrela adota mão-de-obra própria é na execução da estrutura.

A quantidade de carpinteiros para executar a obra e as tarefas foi definida pelo Departamento de Planejamento em função do índice histórico da empresa. Este departamento é responsável pela elaboração do orçamento da obra.

A equipe de fôrmas para execução do pavimento tipo foi composta por 1 encarregado por torre, 14 carpinteiros para a torre Panorama, 20 carpinteiros para a torre Horizonte, 20 carpinteiros para a torre Mirante, de 10 a 14 carpinteiros para a periferia e 04 para a central de fôrmas. A quantidade de carpinteiros para a execução da periferia oscilava devido à reposição da equipe da torre em caso de férias ou eventuais acidentes.

Para a execução da periferia não estava prevista a contratação de um encarregado, porém a obra definiu como líder da equipe o carpinteiro mais experiente com capacidade de comando. Esta decisão contribuiu muito para a qualidade e bom andamento dos serviços conforme o planejamento da obra, além de motivar o próprio funcionário com a oportunidade de uma futura promoção.

A maior vantagem da utilização de mão-de-obra própria nas obras da Cyrela é a baixa rotatividade dos funcionários. Ao término de uma obra os encarregados e grande parte dos carpinteiros são transferidos para outra, melhorando cada vez mais seu desempenho na função. Além disso, carregam a cultura e os padrões da empresa para a execução das estruturas.

Os carpinteiros recebem treinamento antes do início de suas atividades em cada obra, posteriormente as equipes são divididas da seguinte forma: os mais experientes e com maior produtividade são locados na torre, aqueles com mais habilidade na leitura e entendimento dos projetos ficam responsáveis pela produção das fôrmas e os demais são locados na periferia.

4.4.3.3 Divisão das equipes

A divisão da equipe para a produção da estrutura dos pavimentos tipo da obra em questão foi feita da seguinte forma:

- Torre Panorama:

- No primeiro dia do ciclo, inicialmente o encarregado e quatro carpinteiros foram responsáveis pela transferência dos eixos e marcação dos gastalhos. Neste momento os demais ficavam na laje inferior, executando a desforma;
 - Após a liberação dos gastalhos, ficavam somente dois carpinteiros na desforma, limpeza da laje inferior (remoção de entulho, pregos, espaçadores, etc) e acompanhamento da concretagem nos demais dias do ciclo;
 - Dois carpinteiros chamados de “escadeiros” foram responsáveis pela montagem e concretagem das escadas e seus respectivos pilares;
 - Os dez carpinteiros restantes foram divididos em duplas para montagem dos pilares, vigas e lajes. Em função da dificuldade de cada trecho o encarregado define a quantidade e qual pilar cada dupla será responsável.
- Torres Horizonte e Mirante;
 - A divisão das torres Horizonte e Mirante seguiu praticamente a mesma linha da torre Panorama. No primeiro dia do ciclo, inicialmente o encarregado e quatro carpinteiros ficaram responsáveis pela transferência dos eixos e marcação dos gastalhos. Neste momento os demais estão na laje inferior, executando a desforma;
 - Após a liberação dos gastalhos, ficavam somente dois carpinteiros na desforma, limpeza da laje inferior (remoção de entulho, pregos, espaçadores, etc) e acompanhamento da concretagem nos demais dias do ciclo;
 - Dois carpinteiros chamados de “escadeiros” são responsáveis pela montagem e concretagem das escadas e seus respectivos pilares;
 - Os dezesseis carpinteiros restantes são divididos em duplas para montagem dos pilares, vigas e lajes. Devido à projeção das lajes terem a forma de um “H”, nestas torres as lajes foram divididas em quatro partes iguais com quatro carpinteiros em cada uma delas.

Tornou-se visível que a divisão em equipes cria um clima saudável de “competição” em cada torre e principalmente entre as torres. A busca por melhorias e redução no tempo de montagem por parte do encarregado e dos carpinteiros traz benefícios à empresa e aos funcionários.

Além disso, a utilização dos carpinteiros na execução da concretagem e na limpeza torna nulo, o tempo ocioso destes, durante o ciclo.

4.4.3.4 Forma de remuneração e acordos com as equipes

Toda a equipe de carpintaria trabalhou sob o regime de tarefa. Modalidade em que se negocia antecipadamente o número de horas a serem pagas ao trabalhador para a execução de todos os serviços envolvidos na execução da estrutura como: fabricação, montagem, concretagem e desforma.

Devido à dificuldade em atender o prazo para execução dos ciclos das lajes o Departamento de Planejamento liberou uma verba para premiação dos carpinteiros da produção. Quando o ciclo de cinco dias era cumprido, a equipe de carpinteiros ganhava um acréscimo de 10% no valor da tarefa. Em caso do não cumprimento por motivos alheios aos da mão-de-obra, como atrasos da concreteira, a equipe recebia o acréscimo.

Esta solução tornou possível a execução do ciclo em cinco dias sem a necessidade de aumentar a equipe.

4.4.4 A produção da armadura

4.4.4.1 Forma de contratação

Por diretriz da empresa todas as obras recebem o aço cortado e dobrado.

A contratação da empresa que forneceu o aço para a obra foi feita pelo Departamento de Suprimentos. A contratada determinou qual de suas empresas parceiras seria responsável para execução do processo de corte e dobra.

A concorrência e contratação da empresa responsável pela mão-de-obra dos serviços de armação foram realizadas pela obra.

No escopo da empresa subcontratada estavam os seguintes serviços: descarga, transporte, pré-montagem e montagem da armadura. Os equipamentos para transporte vertical foram fornecidos pela construtora.

O preço para a execução da armação foi acertado por quilo, conforme os quantitativos de projeto.

4.4.4.2 Programação

A obra foi responsável pela programação da entrega do aço. Esta era feita em função do cronograma da obra e do andamento dos serviços. A figura 4.23 exemplifica uma planilha para programação do aço utilizada pela obra.

Documento de Referência: GQCD.II.01




Obra: Paulistânia / Cyrela Rua Pensilvânia, 114 - Brooklin - São Paulo - SP		Prog. 94
A/C: Emilin / Augusta		De: Eng. Diogo / Est. Daniela

PROGRAMAÇÃO DE ENTREGA PARA OBRA

Data de entrega: (após 7 dias úteis)	Elemento Estrutural (Lajes, Vigas, Pilares, Blocos, etc)	Desenho N °	Revisão	Observações
BLOCO 2				
22/02/2007	Pilares, vigas e escadas do 8º pavimento	ES 807	1	Horário de entrega dos materiais na obra: 7:00 hs. A obra não se responsabilizará pela demora no recebimento fora do horário de entrega. Os volumes amarrados não devem exceder a 1200 Kg, devido à capacidade de carga da grua.
27/02/2007	Lajes do 8º pavimento	ES 808	1	
01/03/2007	Pilares, vigas e escadas do 9º pavimento	ES 812	1	
06/03/2007	Lajes do 9º pavimento	ES813	1	
08/03/2007	Pilares, vigas e escadas do 10º pavimento	ES 814	2	
13/03/2007	Lajes do 10º pavimento	ES 827	1	
15/03/2007	Pilares, vigas e escadas do 11º pavimento	ES 828	1	
20/03/2007	Lajes do 11º pavimento	ES 829	1	
22/03/2007	Pilares, vigas e escadas do 12º pavimento	ES 830	1	
27/03/2007	Lajes do 12º pavimento	ES 831	1	
29/03/2007	Pilares, vigas e escadas do 13º pavimento	ES 832	1	
05/04/2007	Lajes do 13º pavimento	ES 833	1	
		ES 852	1	
		ES 854	1	

Figura 4.23 – Exemplo de planilha para programação do aço.

4.4.4.3 Recebimento e estocagem

Os bolsões de descarga foram locados em pontos estratégicos para alcance da grua. Esta fazia a descarga do aço com auxílio da mão-de-obra contratada.

Após a descarga o aço era estocado nos pisos térreo e subsolos.

A utilização da grua foi muito importante para o aumento da produtividade da mão-de-obra.

4.4.4.4 Processamento

O aço foi pré-montado nas centrais de armação localizadas no térreo e subsolos. Em seguida transportado até o local da montagem final com o auxílio da grua como exemplificam as figuras abaixo.



Figura 4.24 – Estocagem do aço recebido e das peças pré-montadas.



Figura 4.25 – Pré-montagem de um pilar na central de armação do térreo.

4.4.4.5 Mão-de-obra

A empresa que foi subcontratada executou os serviços com armadores e ajudantes. Esta executa atualmente várias obras da Cyrela, trabalhando em um sistema de parceria. Seu comprometimento e integração com a equipe da obra agregou muito na execução dos serviços.

4.4.5 A execução de passagens e embutidos no concreto

As passagens no concreto foram executadas por componentes posicionados sobre os moldes das fôrmas antes da concretagem. Os materiais utilizados foram: caixas de chapas compensadas, tubos de PVC e isopor em casos específicos do pavimento tipo. A figura 4.26 exemplifica algumas passagens no concreto.



Figura 4.26 – Passagens no concreto utilizadas pela obra: caixas em chapa de madeira compensada e tubos de PVC; e marcação das paredes com tinta.

As caixas elétricas (figura 4.27) foram pregadas na laje logo após a marcação, e para evitar a entrada de concreto, as mesmas foram cheias com pó de serra.



Figura 4.27 – Posicionamento embutidos: caixa de elétrica sobre a fôrma.

As marcações das passagens e dos embutidos foram feitas através do projeto de produção que determinava as medidas a partir do eixo. A marcação da posição das paredes nas fôrmas também foi feita através deste projeto. Isto contribuiu muito para o aumento da produtividade e para a prevenção de erros, pois todas as marcações sobre a fôrma foram feitas através de um mesmo projeto. Além disso, não foi necessária a determinação de cotas a partir da face dos pilares ou das vigas.

4.4.5.1 Mão-de-obra

A marcação das fôrmas foi feita pela equipe de carpinteiros e fixação de passantes e embutidos por encanadores e eletricitistas de uma empresa subcontratada. O encarregado de carpintaria ficou responsável pela conferência do posicionamento.

4.4.6 A execução da concretagem

Todo o concreto estrutural da obra foi fornecido por empresa subcontratada.

4.4.6.1 Recebimento

O concreto é transportado até a obra por um caminhão-betoneira, e recebido por um profissional qualificado de uma empresa subcontratada que confere:

- A nota fiscal, verificando se o concreto recebido está de acordo com o programado;
- O horário de saída do caminhão betoneira da usina e o tempo disponível para descarga do concreto em função dos procedimentos executivos;
- A quantidade de água a ser adicionada na obra e se o manômetro está funcionando perfeitamente;
- Se houve ou não violação do lacre do caminhão;

Os ensaios realizados são por esta mesma empresa são:

- O abatimento de tronco de cone (slump-test);
- O controle de resistência a compressão (f_{ck}) a partir dos corpos de prova moldados na obra.

No início do fornecimento e durante a obra são realizadas vistas periódicas na usina de concreto para:

- Acompanhamento da pesagem dos insumos que compõe o concreto;
- Conferência do traço contratado;
- Conferência do volume de concreto descrito na nota fiscal comparando-o com o que foi realmente carregado.

Este profissional foi de extrema importância para a fiscalização das concretagens, fazendo toda a equipe cumprir os procedimentos da empresa, bem como todas as normas técnicas.

4.4.6.2 Transporte

Na obra do empreendimento Paulistânia em função da disposição do canteiro todo o concreto foi transportado através de bombas.

A descarga convencional ocorreu apenas na concretagem das guaritas e áreas localizadas nos recuos.

Poucas foram as concretagens executadas com a grua, pois a prioridade da sua utilização foi o serviço de armação.

Após o bombeamento do concreto para os pavimentos, o mesmo foi transportado através de jericas.

4.4.6.3 Aplicação

O lançamento do concreto foi rastreado através de um mapa de concretagem (figura 4.28) preenchido pelo próprio encarregado, onde eram registrados o número do caminhão-betoneira e a peça que utilizou o seu concreto.



Figura 4.28 – Preenchimento do mapa de concretagem pelo encarregado.

O espalhamento e o nivelamento foram executados pelos carpinteiros com auxílio do nível laser. No início houve uma resistência dos carpinteiros para utilização deste equipamento, porém ao final da estrutura o mesmo já estava incorporado à rotina de trabalho, em função da praticidade e do aumento da produtividade.

A figura 4.29 exemplifica a utilização do nível laser.



(a)



(b)



(c)

Figura 4.29 – Utilização do nível laser nas concretagens: a) fixação do nível laser em um ponto seguro e independente; b) Determinação das mestras e pontos de referência; c) Sarrafeamento do concreto.

Para o acabamento superficial foram adotados os seguintes critérios em função das diretrizes da empresa:

- Subsolos: lajes acabadas;
- Demais pavimentos: lajes niveladas, necessitando de uma camada de contrapiso.

A cura das lajes foi feita por represamento de água. Para a execução deste procedimento foi necessária a criação de barreiras com argamassa ao redor da laje. Estas barreiras foram retiradas posteriormente.

Também é diretriz da empresa executar a cura na região da “cabeça dos pilares” com chapisco rolado aditivado com resina PVA devido a sua desforma precoce.

4.4.6.4 Mão-de-obra

A mão-de-obra para execução deste serviço foi feita pelos carpinteiros que executaram as fôrmas.

4.4.7 Identificação do caminho crítico e definição do plano de ataque para execução da estrutura em concreto armado

4.4.7.1 Montagem da central para produção das fôrmas

O projeto de canteiro é extremamente importante para o planejamento da obra, pois para elaborá-lo é necessário pensar em todas as possibilidades de transporte e abastecimento. Para a execução da estrutura da obra do empreendimento Paulistânia, devido à grande quantidade de fôrmas a serem produzidas, foi importante planejar a central de fôrmas, pensando em todo o ciclo desde o recebimento, estocagem dos insumos, beneficiamento, estocagem das fôrmas e transporte até o local de montagem.

Para montagem da central de fôrmas não há necessidade de obedecer a uma diretriz rígida, pois a mesma deve ser adequada às condições do canteiro e a demanda da obra.

Com a preocupação de atender aos prazos da estrutura, as fôrmas começaram a ser produzidas na etapa da escavação.

Provisoriamente a central de fôrmas foi locada no recuo do terreno no pavimento térreo e sua transferência para o 3º subsolo da Torre Mirante foi fundamental para atender a demanda. Devido à quantidade de material e da necessidade de espaço para estocagem das fôrmas já produzidas.

Apesar das providências relatadas acima, a Torre Horizonte executou as duas primeiras lajes do pavimento tipo utilizando cimbramento metálico em 25% das vigas, devido ao atraso na fabricação dos garfos. O ponto falho foi a falta de um acompanhamento da produção diária em função da quantidade total de fôrma a ser produzida.

4.4.7.2 Produção da estrutura de concreto da periferia

Outra preocupação no planejamento foi a execução da periferia, devido a sua área de aproximadamente 27.000m².

Conforme descrito anteriormente, a movimentação de terra e a fundação foram executadas priorizando a liberação da estrutura na projeção das torres. Após a liberação das torres iniciou-se a estrutura da periferia, porém foram necessárias algumas ações, que são descritas a seguir, para aumentar o aproveitamento das fôrmas, reduzir o consumo de mão-de-obra e custo do cimbramento.

Inicialmente foi levantado o prazo, disponibilidade de mão-de-obra e fôrma previstas em orçamento para execução da periferia. Devido à grande área de estrutura na periferia e também da inviabilidade na execução simultânea de todas elas, esta atividade foi dividida em partes com áreas aproximadas. Para cada área foram determinados os ciclos e as tarefas. A figura 4.30 exemplifica a divisão dos trechos da periferia:

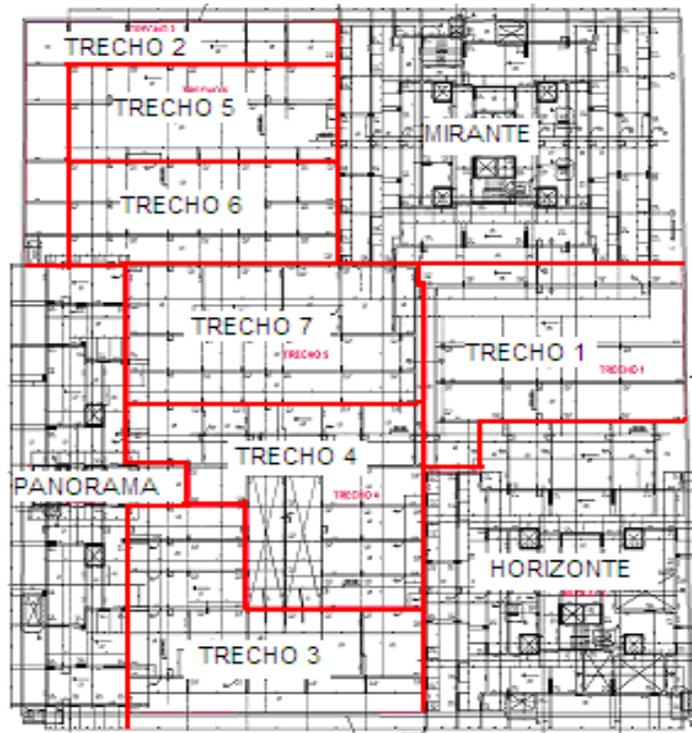


Figura 4.30 – Croqui com a divisão da periferia em trechos.

Os critérios para divisão da periferia são apresentados abaixo, organizados por ordem de prioridade:

1. Garantir o abastecimento e estabelecer uma ligação entre as torres: as baias para dosagem de areia, o acesso dos blocos, cimento e demais materiais só poderiam ser feitos através da periferia em função da disposição das torres no terreno e da locação das cremalheiras. Além disso, os trechos 1, 2 e 3 exemplificados nas figuras abaixo, deveriam ser concluídos antes do início das atividades de alvenaria na torre. Apesar da existência da grua a diretriz da empresa com relação á utilização da mesma é priorizar a estrutura;



Figura 4.31 – Estrutura da periferia no trecho 1, para ligação das torres 2 e 3.



Figura 4.32 – Estrutura da periferia no trecho 2, para ligação da Rua Padre Antônio José dos Santos com as torres 1 e 3.



Figura 4.33 – Estrutura da periferia no trecho 3, para ligação da Rua Pensilvânia com as torres 1 e 2.

2. Garantir melhor reutilização das fôrmas e do cimbramento: cada trecho definido no planejamento da figura 4.30 foi executado do 5º ao 1º subsolo. Após a conclusão de todos os trechos, o pavimento térreo foi executado em função da mudança de pé direito. Tal mudança gera acréscimo nos custos de cimbramento e grandes modificações nas fôrmas, acarretando em desperdício de material devido à mudança na altura das vigas e rebaixo para jardins e piscinas.

O planejamento também considerou a execução de trechos com pilares, vigas e panos de lajes com dimensões iguais ou próximas visando postergar ao máximo o corte das fôrmas, troca do cimbramento e do reescoramento.

A empresa contratada para fornecimento do cimbramento contribuiu para a elaboração do planejamento. Através do envio dos projetos com antecedência foi possível avaliar a reutilização, programar a troca e também providenciar a devolução do cimbramento. Semanalmente era feita reunião com o responsável desta empresa e este enviava para a obra um relatório onde constava a relação de materiais “a retirar” e “a devolver” (figura 4.34). Através destes relatórios também foi possível avaliar a necessidade de alterar ou não o próximo trecho a ser executado.

BALANÇO PROJETOS X ESTOQUE EM OBRA										Projeto: 060123-PAULISTANIA				
Balanço Nro. 27 em 27/12/2006										Obra:CYR1-01				
Art.	Descrição	Ua.	Qtde. PIS	Tot. Obra	02 Contrato			01 Mat.a devolver			A ser-vi-va	A de-vo-lver	Movim.º Dep. 01-02	Dep. 02-01
					Qtde. Atual	Mov. Pend.	Stok Total	Qtde. Atual	Mov. Pend.	Stok Total				
374940	VIGA VT-20K 3,60M		111,0	120,0	111,0	0,0	111,0	9,0	0,0	9,0		9,0		
374950	VIGA VT 20K 3,50M		83,0	83,0	83,0	0,0	83,0	0,0	0,0	0,0		0,0		
374960	VIGA VT 20K 4,50M		30,0	30,0	30,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0		0,0		
374970	VIGA VT 20K 4,90M		39,0	50,0	39,0	0,0	39,0	11,0	0,0	11,0		11,0		
374980	VIGA VT 20K 5,90M		13,0	13,0	13,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0		0,0		
374990	VIGA VT 20K 1,45M		194,0	207,0	194,0	0,0	194,0	13,0	0,0	13,0		13,0		
375100	VIGA GT-24 0,90M		18,0	56,0	16,0	0,0	16,0	40,0	0,0	40,0		40,0		
375120	VIGA GT-24 1,20M		120,0	131,0	114,0	6,0	120,0	17,0	-6,0	11,0		11,0		
375150	VIGA GT-24 1,50M		12,0	20,0	12,0	0,0	12,0	8,0	0,0	8,0		8,0		
375180	VIGA GT-24 1,80M		82,0	118,0	82,0	0,0	82,0	36,0	0,0	36,0		36,0		
375210	VIGA GT-24 2,10M		64,0	64,0	46,0	18,0	64,0	15,0	-16,0	-1,0		-1,0		
375240	VIGA GT-24 2,40M		0,0	32,0	0,0	0,0	0,0	32,0	0,0	32,0		32,0		1,0
375270	VIGA GT-24 2,70M		8,0	51,0	8,0	0,0	8,0	43,0	0,0	43,0		43,0		
375300	VIGA GT-24 3,00M		12,0	57,0	12,0	0,0	12,0	45,0	0,0	45,0		45,0		
375330	VIGA GT-24 3,30M		44,0	60,0	44,0	0,0	44,0	16,0	0,0	16,0		16,0		
375360	VIGA GT-24 3,60M		44,0	44,0	35,0	15,0	50,0	9,0	-15,0	-6,0		-6,0		6,0
375390	VIGA GT-24 3,90M		12,0	15,0	12,0	0,0	12,0	3,0	0,0	3,0		3,0		
375420	VIGA GT-24 4,20M		14,0	27,0	14,0	0,0	14,0	13,0	0,0	13,0		13,0		
375450	VIGA GT-24 4,50M		12,0	12,0	12,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0		0,0		
375480	VIGA GT-24 4,80M		0,0	19,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	19,0		19,0		
375510	VIGA GT-24 5,10M		0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	4,0		4,0		
375540	VIGA GT-24 5,40M		0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	21,0		21,0		
375570	VIGA GT-24 5,70M		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0		1,0		
375600	VIGA GT-24 6,00M		0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	4,0		4,0		
400000	POSTE DE CABECA UVH 100		12,0	27,0	12,0	0,0	12,0	15,0	0,0	15,0		15,0		
400003	POSTE DE CABECA UVH 150		16,0	41,0	8,0	8,0	16,0	33,0	-8,0	25,0		25,0		
400005	POSTE DE CABECA UVH 200		0,0	144,0	0,0	0,0	0,0	144,0	0,0	144,0		144,0		
400014	POSTE BASE UVB 24		8,0	97,0	8,0	0,0	8,0	89,0	0,0	89,0		89,0		
400021	LONGARINA HORIZONTAL UH 150		12,0	167,0	12,0	0,0	12,0	155,0	0,0	155,0		155,0		
400023	LONGARINA HORIZONTAL UH 200		16,0	72,0	16,0	0,0	16,0	56,0	0,0	56,0		56,0		
400025	LONGARINA HORIZONTAL UH 250		0,0	108,0	0,0	0,0	0,0	108,0	0,0	108,0		108,0		
400149	MISULA UCB 104		6,0	30,0	6,0	0,0	6,0	24,0	0,0	24,0		24,0		

Figura 4.34 – Relatório enviado pela empresa responsável pelo fornecimento do cimbramento.

A figura 4.35 exemplifica a planilha adotada para controle da retirada do reescoramento no prazo correto e também para servir de comunicação entre engenharia e produção;

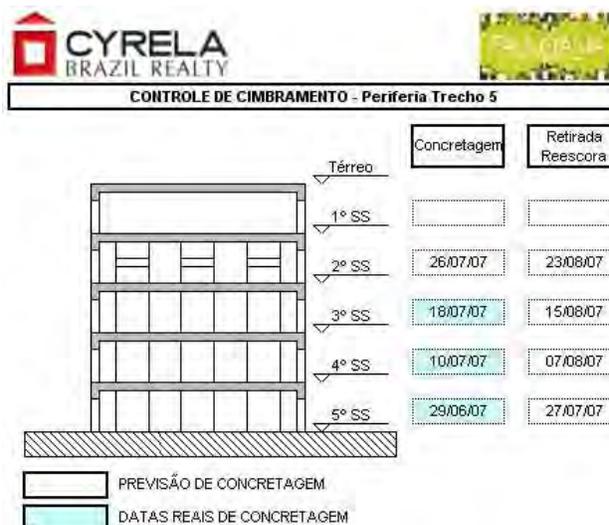


Figura 4.35 – Planilha da obra para controle da retirada e devolução do cimbramento.

Foram consideradas no planejamento as mudanças de pé direito e tipos de cimbramento. Além do custo de locação do material todas as mudanças geram custos com fretes de retiradas, devoluções e manutenção do equipamento. Portanto, é importante executar a maior área e todos os trechos possíveis com o mesmo material e devolvê-lo somente quando realmente houver necessidade.

3. Liberar espaço para estoque de materiais e mudança das áreas de vivência para os subsolos: no caso da obra do empreendimento Paulistânia, ter o 1º subsolo no nível da rua, foi considerada uma vantagem, pois facilitou o acesso e transporte dos materiais às torres. Este fato também possibilitou a montagem da armação a ser transportada pela grua, e a transferência das áreas de vivência.

4.4.7.3 Pavimento protótipo para montagem das fôrmas

No planejamento dos serviços foi necessário contemplar também o protótipo de fôrmas. Esta prática é adotada pela empresa há alguns anos com a presença dos projetistas de estrutura e fôrmas, coordenador de obra, coordenador de projetos e equipe da obra (engenheiros, mestre, encarregados e estagiários). A finalidade do protótipo é validar o projeto, discutir pontos positivos, sugerir algumas melhorias quando necessário.

O protótipo de fôrmas é sempre executado quando a forma da laje do 3º pavimento está montada. Sua montagem é feita exatamente conforme o projeto de produção possibilitando as análises descritas abaixo:

- Avaliação dos pilares, vigas e lajes do 2º pavimento já concretados quanto à geometria, falhas de concretagem, pontos onde eventualmente ocorreram falhas no travamento dos painéis, cor e textura do concreto e posicionamento do reescoramento;
- Explicação do projetista de fôrmas sobre os conceitos adotados em projeto e da importância da execução de todos os detalhes;
- Avaliação da fôrma montada, quanto aos detalhes de projeto, frestas entre os painéis e assoalhos, posição das escoras e travamento dos pilares e vigas, pintura dos painéis e montagem do cimbramento;
- Avaliação da armação montada, quanto ao posicionamento dos espaçadores, da armação negativa e positiva, cobertura do concreto, reconstituição dos estribos na região da cabeça dos pilares;
- Discussão sobre as finalidades dos detalhes de projeto, tolerâncias quanto aos encaixes dos painéis, dificuldades na montagem e desforma. Também são discutidas as sugestões da equipe da obra sobre alternativas para facilitar a execução.

Após a realização de um pavimento protótipo para cada torre, as alterações solicitadas e sugestões aprovadas foram executadas, com isso o andamento da estrutura foi liberado.

4.5 RESULTADOS OBTIDOS

4.5.1 Justificativa para escolha dos pavimentos a serem avaliados

A Cyrela adota o ciclo de 5 dias trabalhados para execução da estrutura de cada pavimento tipo. Na obra do empreendimento Paulistânia foram estudados um ciclo de cada torre. O período de 21/02/07 a 27/02/07 para o 8º pavimento da torre Panorama, o 6º pavimento da torre Horizonte e de 13/02/07 a 19/02/07 para o 8º da torre Mirante. Os respectivos períodos foram escolhidos tendo em vista os motivos relacionados abaixo:

- As três torres já executavam os ciclos em cinco dias;
- Os protótipos de montagem de fôrma já haviam sido realizados e as alterações atendidas;
- Nestes pavimentos, as reformas das fôrmas ainda não eram necessárias, possibilitando avaliar exclusivamente o processo de montagem;
- As equipes já estavam formadas e interadas. Deste período em diante as trocas de carpinteiros são geralmente esporádicas.

As atividades executadas em cada dia do ciclo constam nos Anexos 2 a 8, que trazem na íntegra todos os procedimentos e as tabelas de medição e monitoração dos serviços relacionados à estrutura.

ZORZI (2002) apresenta também a seqüência executiva para a execução da estrutura do pavimento tipo e o registro fotográfico com intervalos aproximados de 3 horas para todas as atividades que compuseram o ciclo de 5 dias, caso o leitor deseje aprofundar o nível de informação.

4.5.2 Produtividade da mão-de-obra para montagem de fôrmas

As tabelas abaixo retratam os apontamentos feitos em cada dia do ciclo considerando somente as horas trabalhadas na montagem das fôrmas.

Tabela 4.3 – Apontamento das horas trabalhadas na montagem de fôrmas da torre Panorama.

Torre Panorama (8º Pavimento)				
Dia do ciclo	Quantidade de carpinteiros (A)	Hs trabalhadas na montagem das fôrmas (B)	Total Hh (A*B) diário	Observações
1º	14	9,5	133	
2º	14	10,5	147	
3º	14	4	56	Concretagem de pilares no período da tarde
4º	14	9,5	133	
5º	14	0	0	Concretagem da laje
			469	

Tabela 4.4 – Apontamento das horas trabalhadas na montagem de fôrmas da torre Horizonte.

Torre Horizonte (6º Pavimento)				
Dia do ciclo	Quantidade de carpinteiros (A)	Hs trabalhadas na montagem das fôrmas (B)	Total de horas (A*B)	Observações
1º	20	10	200	
2º	20	10,5	210	
3º	20	6	120	Concretagem de pilares no período da tarde
4º	19	9,5	180,5	1 carpinteiro faltou
5º	20	0	0	Concretagem da laje
			710,5	

Tabela 4.5 – Apontamento das horas trabalhadas na montagem de fôrmas da torre Mirante.

Torre Mirante (8º Pavimento)				
Dia do ciclo	Quantidade de carpinteiros (A)	Hs trabalhadas na montagem das fôrmas (B)	Total de horas (A*B)	Observações
1º	19	10,5	199,5	1 carpinteiro faltou
2º	20	10,5	210	
3º	20	6,5	130	Concretagem de pilares no período da tarde
4º	19	9,5	180,5	1 carpinteiro faltou
5º	20	0	0	Concretagem da laje
			720	

A Tabela 4.6 apresenta os Índices de Produtividade para cada torre em função das tabelas apresentadas anteriormente.

Tabela 4.6 – Índices de Produtividade.

Torre	Produtividade	
	Obras estudadas por Zorzi (2002)	Obra do empreendimento Paulistânia
	Hh/m ²	Hh/m ²
1	0,54	0,39
2	0,56	0,39
3	0,53	0,40

Obs.: É importante lembrar que, quanto menor o valor Hh/m², maior é a produtividade.

A produtividade da montagem de fôrmas atingiu um índice favorável quando comparado aos obtidos por ZORZI (2002) em obras da Cyrela. Além disso, é importante salientar que os índices apresentados pelo autor supracitado já foram considerados favoráveis quando comparados a outras empresas do setor.

A obra do empreendimento Paulistânia e as obras estudadas por ZORZI (2002) apresentam valores muito semelhantes para os índices apresentados na Tabela 4.1, como por exemplo: de metro quadrado de área de contato de fôrma por metro quadrado de área de projeção (m² AC fôrma / m² AP) e de metro quadrado de área de projeção por número de pilares (m²AP / número de pilares).

Os valores de produtividade obtidos na obra em questão também são homogêneos, comparados com os obtidos por ZORZI (2002), e podem ser considerados como um bom resultado. A redução significativa nestes índices de produtividade pode ser atribuída a diversas melhorias feitas no decorrer dos anos como: planejamento dos canteiros de obra e da logística de execução, especialização das equipes de produção, revisões nos procedimentos executivos, melhorias nas soluções adotadas pelos projetistas favorecendo a produção.

4.5.3 Cronograma de Produção

O cronograma de produção para execução da estrutura em concreto armado consta no Anexo 1. O prazo previsto inicialmente foi cumprido com algumas ressalvas que foram registradas no cronograma como, por exemplo: protótipo de fôrmas, paralisações do sindicato dos trabalhadores da construção civil, etc.

O resultado obtido foi satisfatório principalmente pelo fato da execução de estrutura ocorrer em ciclos. Neste contexto, conforme já comentado anteriormente, não é possível ganhar tempo, somente manter o prazo ou atrasar. Portanto, o planejamento das atividades que antecedem e o planejamento da estrutura propriamente dita, foram fundamentais para conduzir os serviços de forma contínua e organizada.

4.5.4 Avaliação da qualidade da estrutura em concreto armado

Em função da boa produtividade da mão-de-obra alcançada na montagem de fôrmas na obra do empreendimento Paulistânia, este autor julgou necessário avaliar a qualidade da estrutura em concreto armado. Apesar dos procedimentos executivos para monitoramento e recebimento dos serviços que a Cyrela possui, torna-se importante avaliar o produto final após a desforma da estrutura utilizando outros critérios. Através desta análise é possível identificar se alguma etapa foi negligenciada.

ZORZI (2002), em sua dissertação avaliou o grau de interação entre produtividade da mão-de-obra na montagem das fôrmas que serviram de moldes e a qualidade do produto gerado por meio deste serviço.

Seu estudo teve a finalidade de avaliar os seguintes questionamentos: se altas produtividades induzem a baixa qualidade e se quanto maior a qualidade agregada do produto, menor será a produtividade da mão-de-obra para produzi-lo.

Em função dos bons números de produtividade encontrados na obra em questão, este trabalho utilizou os indicadores escolhidos pelo autor supracitado

para aferir a qualidade das estruturas de concreto. Selecionados com base na metodologia preconizada por OBATA (2000) apud ZORZI (2002), tais indicadores são: largura das vigas internas, alinhamento das vigas externas, seção dos pilares e prumo dos pilares.

Os indicadores serão apresentados em seguida, juntamente com os valores obtidos por ZORZI (2002) em outras três obras da Cyrela, onde foram mantidas as mesmas denominações originais. Objetivou-se assim, verificar a qualidade do serviço na obra em questão e comparar os valores obtidos na bibliografia estudada.

Os valores encontrados por ZORZI (2002) para os indicadores, foram considerados favoráveis, quando comparados a obras de outras empresas que executam serviços semelhantes.

A sistemática de medição e de análise de resultados proposta por OBATA (2000) apud ZORZI (2002) é resumidamente apresentada junto com cada item analisado. Caso se queira aprofundar o nível de informação, deverão ser consultadas as referidas bibliografias.

HELENE (1980) apud ZORZI (2002), ressalta ainda que, mais do que simplesmente aferir a qualidade do serviço, os indicadores de qualidade permitem determinar o grau de concordância das características e dados obtidos com aqueles que foram anteriormente especificados.

- Variações de largura das vigas internas:

Para realização desta análise foi utilizado o critério adotado por OBATA (2000) apud ZORZI (2002), verificando a variação da largura das vigas internas no pavimento. O critério acima adota os seguintes valores representativos do pavimento: mediana, máximo e mínimo dos indicadores de cada viga interna em que foi efetuada medição.

A Tabela 4.7 apresenta os resultados de coleta na obra do empreendimento Paulistânia mediante a adoção do indicador abaixo as comparando com outras obras:

$$\Delta L_{\text{viga}} = \text{mediana das larguras viga } n(\text{mm}) - \text{largura de projeto viga } n(\text{mm})$$

Tabela 4.7 – Valores da variação das larguras das vigas internas em relação ao projeto, segundo a proposta feita por ZORZI (2002).

Obra	Variação da Largura (ΔL_{viga}) (mm)			Tolerância Admitida ^(*) (Δmax) mm
	Máximo	Mínimo	Mediana	NBR 6118 / 78
Cyrela A	3	0	2	6,0
Cyrela B	3	1	1	6,0
Cyrela C	3	0	0	6,0
Torre Panorama	4	1	3	6,7
Torre Horizonte	3	0	2	6,7
Torre Mirante	4	2	3	6,7

(*) para se obter a referência da tolerância admitida, foi considerado o indicado pela NBR 6118/1978: $\Delta \text{máx} = 0,25.(a)^{1/2}$, sendo, neste caso, (**a**) a largura da viga, em centímetros. (largura média das vigas = 19cm)

Os valores apresentados por ZORZI (2002) já foram considerados favoráveis, quando comparados a valores encontrados a outras obras estudadas e à tolerância adotada como referência. Portanto, os valores obtidos na obra do empreendimento Paulistânia podem ser considerados como um bom resultado. Apesar dos valores obtidos serem superiores aos que foram comparados, não comprometeram a qualidade da estrutura.

- Variações do alinhamento das vigas externas:

Para realização desta análise foi utilizado o critério adotado por ZORZI (2002), que em suas determinações nas obras da Cyrela utilizou os eixos da estrutura como linha de referência. Desta maneira, foi possível verificar o alinhamento da viga em relação a ela mesma e em relação ao previsto em projeto.

O critério acima adota os seguintes valores representativos do pavimento: mediana, máximo e mínimo para todas as vigas em que se efetuou medição.

A Tabela 4.8 apresenta os resultados de coleta na obra do empreendimento Paulistânia mediante a adoção do indicador abaixo, comparando-as com outras obras:

$$\Delta AL_{Viga} = |Li - Li \text{ referência}|$$

Tabela 4.8 – Variação do alinhamento das vigas externas em relação à linha de referência, segundo a proposta feita por ZORZI (2002).

Obra	Variação do alinhamento (ΔAL_{viga}) mm		
	Máximo	Mínimo	Mediana
Cyrela A	2	1	1
Cyrela B	3	1	2
Cyrela C	8	0	3
Torre Panorama	3	2	2
Torre Horizonte	5	1	3
Torre Mirante	10	2	4

O alinhamento das vigas externas apresenta valores superiores, porém próximos aos obtidos por ZORZI (2002). Na opinião deste autor, o resultado foi bom, pois os desvios com relação ao projeto não comprometeram a qualidade da estrutura em relação ao alinhamento das vigas externas e conseqüentemente quanto ao revestimento da fachada.

- Variações das seções transversais dos pilares

Para realização desta análise foi utilizado o critério adotado por OBATA (2000) apud ZORZI (2002), que determina o valor médio das larguras das faces paralelas e opostas, em três posições ao longo da altura do pilar. Na seqüência, são determinados os valores da seção transversal de cada altura, considerando-se a média das dimensões paralelas obtidas, e, então, calculada a seção transversal média entre as três alturas medidas.

A Tabela 4.9 traz os resultados de coleta na obra do empreendimento Paulistânia mediante a adoção do indicador abaixo, comparando-as com outras obras:

$$\Delta Seção_{Pilar} = \frac{Area\ média_{Pilar} - Area\ teórica_{Pilar}}{Area\ teórica_{Pilar}} \times 100$$

Tabela 4.9 – Valor percentual da variação, em módulo, das seções dos pilares, segundo a proposta feita por ZORZI (2002).

Obra	Variação seção $\Delta_{Seção}(\%)$		
	Máximo	Mínimo	Mediana
Cyrela A	2,3	0,1	0,4
Cyrela B	1,3	0,0	0,5
Cyrela C	1,3	0,0	1,1
Torre Panorama	2,0	0,1	0,5
Torre Horizonte	1,5	0,0	0,3
Torre Mirante	2,6	0,3	1,0

Através dos valores obtidos e de sua comparação com os apresentados por ZORZI (2002) evidencia-se que estes são plenamente satisfatórios, pois não comprometem a qualidade da estrutura com relação às seções transversais dos pilares e os serviços subseqüentes.

- Variações dos Prumos dos Pilares

Para realização desta análise foi utilizado o critério adotado por OBATA (2000) apud ZORZI (2002), que consiste em descer um fio de prumo fixado nas quatro faces de cada pilar analisado, a aproximadamente 180cm da base do mesmo e coletar os afastamentos entre face e o fio de prumo à aproximadamente 30cm e 105cm da base. Determinar, para cada face do pilar, o valor máximo, em módulo, do desaprumo. Determinar, para cada pilar, o valor da mediana dos valores máximos, em módulo, do desaprumo por face.

O critério acima adota os seguintes valores representativos: mediana, máximo e mínimo das medianas individuais dos pilares analisados.

A Tabela 4.10 apresenta os resultados relativos às variações dos prumos dos pilares da obra do empreendimento Paulistânia as comparando com outras obras:

Tabela 4.10 – Variação absoluta dos prumos dos pilares segundo a proposta feita por ZORZI (2002).

Obra	Variação do prumo no pavimento (mm)		
	Máximo	Mínimo	Mediana
Cyrela A	1	0	1
Cyrela B	2	0	1
Cyrela C	3	2	2
Torre Panorama	2	1	1
Torre Horizonte	2	1	1
Torre Mirante	3	2	2

Os valores obtidos se aproximam dos valores apresentados por ZORZI (2002), estes valores também foram considerados favoráveis quando comparados aos de outras empresas.

Novamente podemos considerar bom o resultado acima e evidenciar que apesar da boa produtividade alcançada, a qualidade da estrutura foi mantida.

4.5.5 Avaliação da espessura do revestimento de fachada com argamassa

Um dos principais serviços prejudicados pela má qualidade da estrutura em concreto armado é o revestimento da fachada.

O aumento na espessura do revestimento da fachada acarreta em perdas de material, baixa produtividade da mão-de-obra, comprometimento da qualidade, requer maior controle da execução e aumento do risco de aparecimento de patologias.

O procedimento para execução de revestimento de fachada com argamassa da Cyrela determina a espessura mínima de 2 centímetros no ponto crítico e o orçamento da obra prevê uma espessura média de 3 centímetros.

A figura 4.36 apresenta uma tabela utilizada para definir a espessura da fachada, baseada em dados do mapeamento.

TORRE HORIZONTE - ESPESSURA DA FACHADA (FASE 1)								PANO 11	
BALANCINS		7 e 8							
PAVIMENTO/ ARAME		114	115	116	117	118	119	120	121
23°	est.	2,5	3	3	3	4	4	2,5	2,5
	alv.	2,5	3	3	3	4	4	2,5	2,5
22°	est.	2,5	2,5	3	3	4	4	2,5	2,5
	alv.	2	2	2,5	3	3,5	3	2,5	2,5
21°	est.	2,5	2,5	3	3	3	3	2,5	2,5
	alv.	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5	2,5	2,5
20°	est.	2,5	2,5	3	3	3	3,5	2,5	2
	alv.	2,5	3	3	2,5	3	3	2,5	2
19°	est.	2,5	2,5	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	alv.	3	3	3	2	3	3,5	3	3
18°	est.	2,5	3	2	2,5	2,5	3	2,5	3
	alv.	3,5	4	3	2,5	3,5	3,5	2	2,5
17°	est.	3	3,5	2	2	2	2	2,5	3,5
	alv.	4	4	3,5	3	3,5	3	3,5	3,5
16°	est.	3,5	3,5	2,5	2	2,5	2,5	2,5	2,5
	alv.	4	3,5	3	3,5	3	3	3,5	3,5
15°	est.	3	3,5	3	3,5	3	3	2,5	3
	alv.	3,5	4	3	3	2,5	2,5	2,5	2,5
14°	est.	4	3	3,5	3,5	2	3	3	3
	alv.	3	3	3	3,5	2,5	3	2,5	3
13°	est.	3,5	3,5	3	3,5	3	3	2,5	2,5
	alv.	3,5	3	3	3	2,5	2,5	2	2,5
12°	est.	3	3	3,5	3,5	2,5	3	2,5	3
	alv.	3	3,5	3	4	2,5	2,5	2	2,5
11°	est.	3	3	3	3	3,5	3,5	2,5	2,5
	alv.	2	2,5	3	3,5	3,5	4	2,5	3
10°	est.	2,5	2	3	3	4	3,5	2,5	2,5
	alv.	2	2	3,5	3	3,5	3,5	2,5	2,5
9°	est.	2	2	3	3	3,5	3,5	2,5	2,5
	alv.	2,5	2	3,5	3,5	4	4	3	3
8°	est.	2	2	2,5	2,5	3,5	3,5	2	2
	alv.	2,5	2,5	2	2,5	3	4	2	2
7°	est.	2	2	2,5	2	2,5	3	2,5	2
	alv.	2	2,5	2	2	2,5	2,5	2	2
6°	est.	2,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2,5	2
	alv.	2	2	2	2	2	2,5	2,5	2
5°	est.	2,5	2,5	2	2	2	2	2	2
	alv.	2	2	2	2	2	2	2	2
4°	est.	2,5	2,5	3	3	2	2	2,5	3
	alv.	2,5	3	2,5	3	2	2,5	2,5	2,5
3°	est.	2,5	2,5	2,5	3	2	2,5	2,5	2,5
	alv.	2	2,5	2	2,5	2,5	2,5	2	2,5
2°	est.	2	2,5	2,5	2,5	2	2	2,5	3
	alv.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2,5	2,5
1°	est.	2	2	2	2	2	2	2	2
	alv.	2	2,5	2	2,5	2	2	2	2
Espessura média no arame (cm)		2,63	2,73	2,71	2,77	2,82	2,93	2,46	2,54
Área de influência do arame (m²)		90,21	90,21	26,24	26,24	78,73	78,73	26,24	26,24
Espessura média no pano (cm)		2,73							
Volume de massa (m³)		12,11							
Engenheiro: Engº Raphael / Engº Diogo				Encarregado: João Coelho			Data: nov/07		

Figura 4.36 – Planilha com a definição da espessura de argamassa para fachada.

A figura 4.36 apresenta valores do 1° ao 23° pavimento, pois devido à grande quantidade de pavimentos a execução da fachada na obra do empreendimento Paulistânia foi dividida em duas etapas. A primeira do 1° ao 23° pavimento e a segunda do 24° ao 36° pavimento.

Nos valores apresentados na figura 4.36 não foram considerados os frisos e as molduras existentes na fachada para definição da espessura do revestimento. Portanto, neste trabalho, esta planilha foi adaptada para definir somente a espessura máxima em função do ponto crítico.

A existência de frisos acarreta em aumento da espessura do revestimento, pois a profundidade do mesmo deve ser acrescida na espessura mínima.

Em contrapartida, a existência de molduras permite a avaliação da espessura e a definição do ponto crítico em trechos independentes, que acarretam na redução da espessura média do revestimento de argamassa.

Considerando a espessura mínima de 2 centímetros no ponto crítico, a figura 4.36 acima apresenta uma espessura máxima de 4 centímetros em estrutura e alvenaria. A espessura média de argamassa encontrada foi de 2,73 centímetros. Estes podem ser considerados bons resultados, uma vez que os frisos e molduras não foram incluídos na definição da espessura.

4.6 PROPOSIÇÃO DE RECOMENDAÇÕES PARA A EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Em função do conhecimento adquirido durante a revisão bibliográfica e estudo de caso, sentiu-se a necessidade de propor algumas recomendações para a elaboração do planejamento e para a produção de estruturas em concreto armado.

1) Fazer estudos preliminares

Antes do início da execução da obra são necessárias algumas atividades, pois nesta fase as revisões geram custos e esforços relativamente pequenos ou nulos, podendo contribuir potencialmente no resultado final, conforme ações descritas abaixo:

- Realizar reuniões com a coordenação de projetos e projetistas para esclarecimento de dúvidas, entendimento dos conceitos, das

particularidades e identificação dos pontos críticos para execução da obra;

- Estudar a tecnologia construtiva a ser utilizada e adequá-la as particularidades e limitações da obra;
- Fazer um pré-dimensionamento dos recursos humanos, físicos e financeiros necessários para a execução, e comparar com as quantidades previstas em orçamento. Desta forma, é possível discutir e ajustar antecipadamente as divergências, prevenindo atrasos e surpresas na execução dos serviços;
- Em função das informações levantadas nas atividades relacionadas acima, recomenda-se fazer um cronograma detalhado das atividades. Através deste cronograma é possível identificar a necessidade ou não de antecipar atividades ou quando possível mudar a tecnologia construtiva.

2) Projetar o canteiro de obra:

Esta atividade é muito importante para o bom andamento dos serviços, e o planejamento prévio evita que as decisões sejam tomadas no canteiro. Sua elaboração exige conhecimento dos projetos e dos recursos, além de ajudar no exercício de “pensar a obra” previamente. Entretanto, para que este seja realmente eficaz deve ser atualizado a cada etapa da obra. Para sua elaboração devem ser considerados:

- Interferências com vizinhos:
 - Posicionar os equipamentos com alto nível de ruído em locais que incomodem o mínimo possível a vizinhança;
 - Verificar as recomendações do consultor de fundações quanto aos cuidados a serem tomados com os vizinhos;
- Interferências com concessionárias como: entrada de energia, entrada de água, rede de esgoto e redes elétricas existentes;

- Legislações ambientais, como por exemplo, corte e transplante de árvores;
- Legislações municipais, como por exemplo, restrição de horários quanto ao tráfego de caminhões;
- Normas de segurança no trabalho (NR18);
- Posicionamento e dimensionamento das áreas de vivência;
- Posicionamento e dimensionamento dos equipamentos de transporte vertical;
- Locais de acesso, descarga e estocagem em todas as etapas;
- Posicionamento de pontos de venda em recuos ou em locais que não atrapalhem o andamento da estrutura;
- Posicionamento das áreas de processamento dos materiais próximos aos acessos da obra;
- Projetar e planejar a escavação: apesar de ser um serviço inicial e muitas vezes rápido é importante planejar a escavação e oficializar em forma de um projeto. Neste projeto devem constar informações como locação das torres, entradas, saídas e fluxo de caminhões. Priorizar a escavação na projeção das torres também é muito importante, pois diante de qualquer imprevisto a continuidade na sua execução fica preservada;
- Projetar e posicionar a central de fôrmas, pensando em todo o ciclo desde o recebimento, estocagem dos insumos, beneficiamento, estocagem das fôrmas e transporte até o local de montagem. Para montagem da central de fôrmas são necessários alguns cuidados, tais como:
 - As áreas de corte e montagem devem possuir cobertura com telha e área mínima de 50m²;
 - Executar um piso com caimento suficiente para não empoçar água nas áreas de corte, montagem e estoque da fôrma;

- Os insumos e as fôrmas produzidas não devem entrar em contato com o piso e devem ser protegidos da chuva com telhado ou lona plástica;
 - Para serra circular de bancada, prever coifa protetora, aterramento elétrico, espaço para recolhimento de pó e fechamento das faces inferiores, anterior e posterior;
 - Prever espaço suficiente para manuseio das peças de maior comprimento;
 - Seguir as orientações de segurança de NR 18.
- Planejar as atividades de concretagem, contemplando o posicionamento e a quantidade dos equipamentos, adequando-os as particularidades do canteiro e da estrutura. Para isso devem ser considerados os volumes a serem concretados, as distâncias a serem vencidas e as interferências com outras atividades;
 - Projetar e posicionar a central de armação pensando em todas as atividades envolvidas, como: recebimento, estocagem, processamento, transporte e montagem. A definição de como o aço será fornecido (em barras ou cortado e dobrado) é fundamental para o planejamento do canteiro, pois quando os processos de corte e dobra são realizados no próprio canteiro a necessidade de espaço é maior.
- A organização do aço no canteiro facilita o manuseio e a montagem das peças evitando desperdícios e enganos na montagem;

3) Programação das atividades que antecedem a estrutura do pavimento tipo

Recomenda-se fazer uma programação das atividades que antecedem a estrutura em concreto armado do pavimento tipo, como: implantação do canteiro, escavação, contenções, fundação e locação da obra. Nestas etapas iniciais é possível ganhar tempo, pois após o início da estrutura do pavimento tipo os prazos são bem definidos, sendo possível somente cumprir o cronograma ou atrasá-lo.

4) Pavimento protótipo para avaliação do sistema de fôrmas

No planejamento dos serviços deve ser considerado um pavimento protótipo para análise das fôrmas. A avaliação deste protótipo deve ser feita com a presença dos projetistas de estrutura e fôrmas, coordenador de obra, coordenador de projetos e equipe da obra (engenheiros, mestre, encarregados e estagiários). A finalidade do protótipo é validar o projeto, discutir pontos positivos, sugerir algumas melhorias quando necessário.

5) Critérios para divisão dos trechos da periferia

Em obras como o empreendimento Paulistânia que possuem características como: uma grande área de periferia; dificuldade de acesso às torres; e espaço, prazos e recursos limitados devem seguir alguns critérios para a execução da estrutura da periferia. Abaixo seguem alguns critérios que devem ser considerados para planejar a divisão da periferia:

- Prazo de execução;
- Dividir em áreas aproximadas;
- Garantir o melhor reaproveitamento das fôrmas e do cimbramento, avaliando as dimensões dos pilares, das vigas e das lajes, o pé-direito, a presença de rebaixos, etc;
- Garantir o abastecimento da torre;
- Melhorar o acesso e o transporte dos materiais;
- Liberar áreas para descarga e estoque.

6) Contratar projeto de fôrmas

A contratação do projeto de fôrmas se faz muito importante para a racionalização da execução da estrutura. Além disso, o ganho em qualidade e produtividade é visível.

Com a utilização deste projeto as dimensões tornam-se precisas e qualquer falha na fabricação ou montagem fica evidente com o aparecimento de frestas, dificuldade de encaixes, etc.

Na contratação pode-se optar pelo fornecimento dos quantitativos dos insumos, facilitando o controle e reduzindo desperdícios.

Na maioria das vezes o projeto de fôrmas é contratado somente para o pavimento tipo. Portanto é recomendável a contratação de uma consultoria para produção das fôrmas do térreo e subsolos visando comprar corretamente os materiais, melhorando o reaproveitamento e a vida útil dos mesmos. Além disso, através de visitas regulares podem-se detectar pontos de melhoria e potenciais problemas que possam ocorrer.

Segue abaixo sugestão de escopo mínimo para contratação do projeto de fôrmas, baseado em ASSAHI (2000):

- Desenhos de montagem da fôrma com: planta de locação dos eixos, gualhos, pilares; planta de cimbramento, travamentos, guias, barrotes e escoras remanescentes; planta do processo de paginação da laje;
- Desenhos de confecção da fôrma;
- Especificação técnica dos materiais e normas básicas operacionais;
- Especificações técnicas de cimbramento e escoras remanescentes.

7) Escolher corretamente o tipo de fôrma

Para optar entre fôrma industrializada ou produzida no canteiro o responsável pela decisão deve ter conhecimento suficiente para avaliar:

- O custo e formas de contratação dos materiais e da mão-de-obra;
- Especificação correta dos materiais e condições de fornecimento;
- Disponibilidade de mão-de-obra;
- Disponibilidade de espaço no canteiro.

8) Cuidados com as fôrmas

Nas obras onde as fôrmas são produzidas no próprio canteiro, os cuidados são extremamente importantes por isso destacou-se alguns itens:

- Receber o projeto de produção com antecedência;
- Selecionar materiais que atendam a qualidade e durabilidade exigida pela obra, em função principalmente das reutilizações;
- Requisitar os materiais, ferramentas e equipamentos com antecedência, conhecendo os prazos de entrega dos fornecedores;
- Dimensionar a equipe contemplando a produção, montagem e manutenção das fôrmas;
- Treinar a equipe é extremamente importante para garantir a qualidade;
- Os cuidados com detalhes de fabricação, montagem e desforma exigidos no projeto e nos procedimentos executivos são fundamentais para evitar retrabalhos;
- Executar a pintura adequada e identificação das fôrmas;
- Executar substituição do material, reparos e reformas no momento correto; evitando a perda parcial ou total dos elementos que compõe o sistema de fôrmas.

O projeto estrutural do empreendimento Paulistânia previa uma redução nas dimensões das vigas e dos pilares nos pavimentos mais altos, gerando uma redução no consumo de concreto e aço. Entretanto, estas alterações também geraram um acréscimo no consumo de material e mão-de-obra para revisão e produção destas fôrmas. Conseqüentemente os responsáveis pela obra erraram em não fazer um estudo com antecedência para avaliar se mantendo as dimensões o custo seria menor, igual ou maior para executar a estrutura.

9) Fazer cronograma para a fabricação das fôrmas

Em função das quantidades e da mão-de-obra disponível, é importante fazer um cronograma para a fabricação das fôrmas, principalmente, em obras de grande porte. Na obra objeto do estudo de caso, a fabricação das fôrmas do

pavimento tipo quase comprometeu o prazo da estrutura, sendo necessário um reforço na equipe e a reavaliação das tarefas, pois se consideraram os prazos baseados em dados de uma obra convencional onde as quantidades são bem inferiores.

9) Escolher corretamente o tipo de cimbramento a ser contratado

A contratação do tipo de cimbramento correto e as condições de fornecimento bem definidas previamente são fundamentais para o bom desempenho do sistema de fôrmas e da mão-de-obra. Portanto, alguns cuidados são necessários conforme demonstrado abaixo:

- Disponibilidade de material;
- Visitar a empresa, avaliar a quantidade dos materiais e o estado de conservação dos mesmos;
- Obter referências quanto ao atendimento do fornecedor e assistência durante a obra;
- Definir previamente critérios de programação, retirada, devolução, aceitação e recusa dos materiais. Os custos com frete geralmente são por conta da contratante, portanto quanto maior a quantidade de peças para executar um mesmo trecho, maior serão as despesas;
- Atentar para o peso, facilidade de manuseio, montagem e desmontagem do cimbramento. Neste caso o menor preço unitário pode não ser a melhor opção, podendo gerar atraso e elevar o custo da mão-de-obra.
- Os equipamentos empregados deverão atender necessariamente às exigências das normas brasileiras (ABNT) ou na sua ausência, norma estrangeira que se aplique ao produto utilizado;
- Todas as peças deverão ser identificadas e fornecidas com romaneio;
- As peças deverão vir devidamente limpas, lubrificadas, testadas e em perfeita condição de utilização;
- A obra deve receber semanalmente ou mensalmente relação dos equipamentos disponibilizados, para fins de conferência com o controle

interno. Nesta relação devem constar os equipamentos ociosos como também os que deverão ser retirados para execução da próxima etapa;

- Um funcionário da obra deve acompanhar a retirada e devolução do material para checar a qualidade e evitar a cobrança indevida da manutenção;
- A empresa contratada deve fornecer assistência e acompanhamento técnico para a equipe da obra, bem como visitas durante a montagem quando a contratante considerar necessário, sem ônus extra;
- Os projetos de montagem de todos os trechos a serem executados devem ser fornecidos com antecedência;
- Definir as vigas que serão escoradas com garfo de madeira e cimbramento metálico. Na execução da obra do empreendimento Paulistânia as vigas do térreo, subsolos e sacadas do pavimento tipo foram escoradas com cimbramento metálico e todas as demais vigas do pavimento tipo com garfo de madeira. A utilização de garfos de madeira reduz consideravelmente o custo do cimbramento, desde que a altura das vigas não sofra grandes alterações sendo necessária à fabricação de novas peças;
- O projeto de cimbramento deve respeitar as exigências do projeto de fôrmas de madeira, sendo necessária a compatibilização entre eles;
- Definir previamente a sobrecarga de cada pé direito para cálculo de escoramento remanescente (reescoramento);
- O escoramento remanescente deverá impreterivelmente permitir a desforma do assoalho da laje com a permanência das tiras de reescoramento, sem a necessidade de movimentação deste escoramento permanente. Esta condição se aplica também para pés direitos maiores ou duplos;
- Definir com o projetista de fôrmas de madeira o espaçamento máximo entre os eixos das faixas de reescoramento. Em todos os fundos de vigas deverão ser consideradas faixas de escoramentos permanentes;
- Para lajes com ciclo de cinco dias, considerar quatro níveis simultâneos de laje com escoramento remanescente (um em conjunto com o cimbramento e três nas lajes subjacentes);

- Planejar juntamente com a empresa contratada o fornecimento do cimbramento de forma apropriada para o transporte com a grua, quando a obra possuir este tipo de equipamento. A figura 4.37 exemplifica como foi feito o transporte vertical na obra do empreendimento Paulistânia:



Figura 4.37 – Transporte de cimbramento utilizando a grua.

11) Programação, recebimento, processamento e montagem do aço.

A programação para entrega do aço deve ser feita com antecedência, este prazo não é padrão e deve ser definido em conjunto com a empresa contratada. Na execução da obra do empreendimento Paulistânia, o prazo mínimo acertado inicialmente para entrega do aço foi de 7 dias, porém no final da obra com o aquecimento do mercado este prazo variava entre 30 e 45 dias.

O recebimento, descarga e estocagem devem ser feitos no local mais próximo do seu processamento. O transporte do aço dentro do canteiro consome muito tempo e deve ser evitado.

A pré-montagem do aço nas centrais de armação é extremamente importante para a racionalização do processo, quando o equipamento de transporte vertical permite este procedimento. Além disso, esta atividade torna o canteiro mais organizado

Na montagem da armadura das vigas é importante a reconstituição dos estribos nas cabeças dos pilares, normalmente os armadores retiram ou cortam estas peças para colocação das vigas e devido à dificuldade de recolocá-los muitos deles não realizam este serviço.

Também são muito importantes os cuidados com o cobrimento mínimo e o posicionamento incorreto da armadura negativa, tornando-a involuntariamente positiva.

12) Controle tecnológico do aço

Na contratação da empresa que fornecerá o aço é importante solicitar que os certificados dos ensaios sejam enviados a cada entrega.

Independente disso, é recomendável que a obra também realize os ensaios de resistência mecânica, dobramento e controle do diâmetro com uma empresa subcontratada.

Os ensaios podem ser feitos nas primeiras entregas e em função dos resultados define-se a amostragem para os lotes restantes.

As amostras podem ser retiradas na descarga do material na obra, isto porque os lacres efetuados nos lotes ensaiados no fornecedor estão sujeitos a violação. Entretanto, o inconveniente deste procedimento é que, caso o resultado não seja satisfatório o lote deve ser trocado, necessitando novo transporte.

13) Controle tecnológico do concreto

Os ensaios mais comuns realizados pelas empresas são: o abatimento de tronco de cone (slump-test) e o controle de resistência a compressão (fck) a partir dos corpos de prova moldados na obra.

Além destes, recomenda-se no início do fornecimento e durante a obra, sejam realizadas visitas periódicas na usina de concreto para:

- Acompanhamento da pesagem dos insumos que compõe o concreto;
- Conferência do traço contratado;
- Conferência do volume de concreto descrito na nota fiscal comparando-o com o que foi realmente carregado.

14) Posicionamento de passagens e embutidos nas lajes

Recomenda-se que as marcações das passagens e dos embutidos em concreto sejam feitas através de um projeto de produção que determine as medidas a partir do eixo. A marcação da posição das paredes nas fôrmas também deve ser feita através deste projeto.

A utilização de um projeto de produção, neste caso, contribui muito para o aumento da produtividade e para a prevenção de erros. Desta forma, todas as marcações sobre a fôrma são feitas utilizando um mesmo projeto e através de medidas de eixo, não sendo necessária a determinação de cotas a partir da face dos pilares ou das vigas.

15) Treinamento da mão-de-obra

O treinamento da mão-de-obra e a criação de ferramentas que auxiliem na comunicação entre engenheiro da obra e a produção são fundamentais para garantir que o planejado seja cumprido e/ou entendido pela equipe.

A participação do engenheiro no treinamento, na motivação da equipe e no fornecimento de diretrizes é extremamente importante para que as soluções não sejam tomadas e improvisadas no canteiro.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho permitiu a este autor um aprofundamento nos conceitos de planejamento e da produção de estruturas em concreto armado para edifícios.

Apresentam-se, inicialmente, neste capítulo, uma análise quanto ao cumprimento dos objetivos propostos para essa atividade. Em seguida, faz-se uma inserção do trabalho no contexto acadêmico e profissional, para, então, analisá-lo criticamente. Finalmente, apresentam-se algumas sugestões para a realização de trabalhos futuros, que se julgam necessários à complementação do tema aqui desenvolvido.

5.1 CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho foi apresentar as particularidades no planejamento da execução de estruturas em concreto armado para edifícios, face às restrições e limitações operacionais, maximizando os resultados de prazo, custo e qualidade, com especial foco nas atividades sob a responsabilidade do engenheiro de obras.

Para isso, foram apresentados os principais conceitos de planejamento, assim como os principais benefícios trazidos por ele, sua hierarquia, as principais dificuldades encontradas na sua realização e a sua contextualização na construção civil nacional.

Em seguida foram apresentados os principais conceitos e atividades envolvidas na produção de estruturas em concreto armado para edifícios, assuntos estes usados como embasamento para a realização do estudo de caso.

No estudo de caso foram apresentados, na prática, os estudos preliminares, a produção da estrutura e, concreto armado e as atividades que a antecederam, focando o planejamento e as soluções adotadas em cada uma delas.

Juntamente com o relato, buscou-se fazer uma análise crítica de como cada uma das atividades contribuíram ou não, para os resultados de prazo, custo e qualidade

No decorrer dos capítulos foi salientada a importância do planejamento e da estrutura de concreto armado como o “caminho crítico” do cronograma das atividades, apresentando exemplos práticos, ilustrações e as soluções adotadas pelo empreendimento real.

Ainda no estudo de caso, foram relacionadas resumidamente algumas das principais recomendações para a execução de estruturas em concreto armado para as atividades sob a responsabilidade do engenheiro de obras.

Diante do exposto, e ao analisar o escopo deste trabalho, pode-se concluir que os objetivos propostos foram cumpridos.

5.2 INSERÇÃO DO TRABALHO NO CONTEXTO ACADÊMICO E PROFISSIONAL

No contexto acadêmico, ao se tratar do planejamento da execução de estruturas em concreto armado para edifícios, inseriu-se o trabalho em um grupo de grande importância para a Escola Politécnica da Cidade de São Paulo, tratando-se da Gestão da Produção de Edifícios.

O conteúdo apresentado poderá auxiliar no desenvolvimento de diversos trabalhos nesta área e contribuir com as disciplinas de graduação e pós-graduação.

Quanto à contribuição ao meio profissional, a forma prática e objetiva do desenvolvimento do trabalho, com uso de um empreendimento real como exemplo, e ilustrações diversas, faz com que este trabalho seja útil para os profissionais relacionados à construção de edifícios. O entendimento conceitual do planejamento e da execução de estruturas em concreto armado auxilia principalmente os engenheiros de obra e equipes de produção para as atividades do dia-a-dia.

5.3 AVALIAÇÃO CRÍTICA DO TRABALHO

Apesar de ter cumprido o objetivo, algumas considerações devem ser feitas.

As informações, soluções e recomendações expostas neste trabalho são genéricas, sendo necessárias adaptações e adequações em função da empresa em que serão aplicadas e das características das obras.

Além disso, não foram feitas análises financeiras, pois este trabalho buscou orientar a execução considerando o método construtivo e o orçamento previamente estabelecido.

Outro aspecto a ser considerado é que parte das informações apresentadas neste trabalho não são encontradas em outros trabalhos e publicações. Tais informações foram adquiridas pelo autor a partir da vivência no canteiro de obras, muitas vezes através de ações que trouxeram como consequência, em alguns momentos, os erros e em outros momentos os acertos.

No entanto, isso não prejudica a pesquisa e nem desvaloriza o resultado final do trabalho.

5.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O tema execução de estruturas de concreto armado além de extenso é extremamente importante para a construção civil. Considera-se que inúmeros trabalhos poderão ser desenvolvidos como forma de se aprofundar a análise, assim como evoluir neste assunto.

Desta forma propõem-se, neste item alguns temas ligados a este assunto, e que são considerados, pelo autor, de grande importância para a construção civil:

- a) Estudo das particularidades no planejamento de outros serviços da construção civil.

A execução de fachadas, por exemplo, depois da estrutura concluída torna-se o “caminho crítico” da obra. Este serviço tem significativa influência para os resultados de custo, prazo e qualidade da obra.

- b) Desenvolvimento de um banco de dados para análise dos custos na execução de estruturas.

Neste trabalho poderiam ser levantadas as principais formas de gestão, contratação e controle das atividades envolvidas, apresentando os índices e os resultados econômicos para cada uma delas. Trazendo para uma discussão e para uma avaliação mais consciente das melhores alternativas existentes no que diz respeito a reduzir custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIOLI, P.E. **Estudo crítico sobre subsídios conceituais para suporte do planejamento de sistemas de gerenciamento de facilidades em edificações produtivas.** 2003. 241p. ed. rev. – Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

ARAÚJO, L.O.C. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão-de-obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria.** 2000. 385p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

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

ASSUMPÇÃO, J. F. P. **Programação de obras:** uma abordagem sobre técnicas de programação. 1988. 143p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1988.

_____. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil:** modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios. 1996. 203p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

_____; ROCHA LIMA JR., J. Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil**, São Paulo, n. 173, 1996. 37p.

BARROS, M. M. S. B. **Metodologia para implantação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifícios**. 1996. 422p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

_____; MELHADO, S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. Ed. ampliada e atualizada. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da USP, 2006. 87p.

CONSTRUTORA CYRELA BRAZIL REALTY. **Procedimentos executivos**. São Paulo: Departamento de Desenvolvimento Tecnológico, 2009.

FACHINI, A. C. **Subsídios para a programação de estruturas de concreto armado no nível operacional**. 2005. 215p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

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

FORMOSO, C. T (Org.) **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. 2001. Porto Alegre: Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 50p.

FREIRE, T. M. **Planejamento operacional e custos**. São Paulo, MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios, Programa de Educação Continuada em Engenharia, Escola Politécnica da USP. Fev./maio 2005. Anotação de aula.

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

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração**: da revolução urbana à digital. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2004. 521p.

PASTOR JR, R. **Diretrizes para planejamento operacional no canteiro de obras**. 2007. 97p. Monografia (MBA Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politecnica. São Paulo, 2007.

ROCHA LIMA JR., J. Gerenciamento na construção civil: uma abordagem sistêmica. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil**, São Paulo, n.27, 1990. 52p.

_____. Decisão e planejamento: fundamentos para a empresa e empreendimentos na construção civil. **Texto Técnico. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil**, São Paulo, n.25, 2004. 58p.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. **Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. 112p. v.3

(Recomendações Técnicas HABITARE)

SILVA, F. B. **Conceitos e diretrizes para gestão da logística no processo de produção de edifícios**. 2000. 206p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

SOUZA, A. L. R. **Projeto para produção de lajes racionalizadas de concreto armado de edifícios**. 1996. 367p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

SOUZA, U. E. L. **Projeto e implantação do canteiro**. 2. ed. São Paulo: Nome da Rosa Ed., 2000. 96p. (Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras)

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

ANEXO 1

Cronograma de produção



CRONOGRAMA DE PRODUÇÃO Paulistânia

FOR 56 (P-710)
REV. 2
FOUR: 1/1

Item	Atividade	Dur	Início	Término	Exec	Dep.	2007												2008																																					
							N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																								
1	PAULISTÂNIA BOSQUE RESIDENCIAL	711 d	Seg 19/12/05	Seg 28/11/06	83%		-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31												
2	2- Instalações Provisórias	81 d	Qui 1/2/06	Seg 5/6/06	100%																																																			
3	Projeto Cantiero	10 d	Qui 2/2/06	Qui 15/2/06	100%																																																			
4	Barracão da obra	60 d	Sex 3/3/06	Seg 5/6/06	100%	3T1+10 d																																																		
5	Execução de espume	20 d	Ter 4/4/06	Ter 9/5/06	100%	4H+22 d																																																		
6	Elaboração PCMAT	30 d	Sex 3/3/06	Seg 17/4/06	100%	4H																																																		
7	Locação e exec. de novo Stand	25 d	Qui 1/2/06	Qui 8/3/06	100%																																																			
8	Retirada das árvores	20 d	Sex 3/3/06	Qui 30/3/06	100%	4H																																																		
9	677- Trabalhos em solos /Fundações	368 d	Seg 19/12/05	Qui 21/6/07	100%																																																			
10	Demolições	60 d	Qui 9/3/06	Sex 9/6/06	100%	7																																																		
11	Escavação mecanizada Projção da Torre	80 d	Qui 16/3/06	Seg 17/7/06	100%	10H+5 d																																																		
12	Tirantes 1ª Fase	41 d	Seg 27/06	Qui 1/8/06	100%																																																			

Início da Obra: Jan/06 (Prev: Jun/06)
Término da Obra: Nov/08

Tarefa

Andamento

Resumo

REVISÃO QUADRIMESTRAL: 01/08/08 - Rev.07 (ego / set / out / nov)

Ctq3574_7_01-08-08 medição 30.06.06 - Seg 12/1/09



CRONOGRAMA DE PRODUÇÃO
Paulistânia

FOR-66 (P-710)
REV- 2
FOUR- 1/1

Item	Atividade	Dur	Início	Término	Exec	Dep.	2006							2007							2008																																
							N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D									
							-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31									
25	Teto 5º subsolo	25 d	Ter 15/06/06	Ter 18/07/06	100%	19/11/20 d																																															
26	Teto 4º subsolo	15 d	Qua 20/07/06	Qua 11/10/06	100%	25																																															
27	Teto 3º subsolo	10 d	Sex 13/10/06	Qui 28/10/06	100%	26																																															
28	Teto 2º subsolo	10 d	Sex 27/10/06	Sex 10/11/06	100%	27																																															
29	Teto 1º subsolo	15 d	Seg 13/11/06	Seg 4/12/06	100%	28																																															
30	Teto Mezo	15 d	Ter 01/12/06	Ter 28/12/06	100%	29																																															
31	Teto 1º Pavimento	8 d	Qua 27/12/06	Seg 04/01/07	100%	30																																															
32	Teto 2º Pavimento	7 d	Ter 01/01/07	Qua 17/1/07	100%	31																																															
33	Teto 3º Pavimento	6 d	Qui 18/1/07	Sex 28/1/07	100%	32																																															
34	Teto 4º Pavimento	6 d	Seg 28/1/07	Seg 05/02/07	100%	33																																															
35	Teto 5º Pavimento	5 d	Ter 02/02/07	Seg 12/2/07	100%	34																																															
36	Teto 6º Pavimento	5 d	Ter 13/2/07	Seg 19/2/07	100%	35																																															

Início da Obra: Jan/06 (Prev: Jun/06)
Término da Obra: Nov/08

Tarefa

Andamento

Resumo

REVISÃO QUADRIMESTRAL: 01/06/08 - Rev.07 (ego / set / out / nov)

**CRONOGRAMA DE PRODUÇÃO
Paulistânia**

Item	Atividade	Dur	Inicio	Término	Exec	Dep	2006				2007				2008																											
							N	D	-7	-6	J	F	M	A	M	A	M	J	J	A	S	O																				
49	Telo 19º Pavimento	5 d	Seg 26/5/07	Seg 18/07	100%	48	-	-	-	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
50	Telo 20º Pavimento	5 d	Seg 4/6/07	Seg 11/6/07	100%	49																																				
51	Telo 21º Pavimento	5 d	Ter 12/6/07	Seg 18/6/07	100%	50																																				
52	Telo 22º Pavimento	5 d	Ter 19/6/07	Seg 25/6/07	100%	51																																				
53	Telo 23º Pavimento	5 d	Ter 26/6/07	Seg 27/7/07	100%	52																																				
54	Telo 24º Pavimento	5 d	Ter 3/7/07	Ter 10/7/07	100%	53																																				
55	Telo 25º Pavimento	5 d	Qua 11/7/07	Ter 17/7/07	100%	54																																				
56	Telo 26º Pavimento	5 d	Qua 18/7/07	Ter 24/7/07	100%	55																																				
57	Telo 27º Pavimento	5 d	Qua 25/7/07	Ter 31/7/07	100%	56																																				
58	Telo 28º Pavimento	5 d	Qua 1/8/07	Ter 7/8/07	100%	57																																				
59	Telo 29º Pavimento	5 d	Qua 8/8/07	Ter 14/8/07	100%	58																																				
60	Telo 30º Pavimento	5 d	Qua 15/8/07	Ter 21/8/07	100%	59																																				

ANEXO 2

Procedimento Executivo – Montagem de Fôrma para Estrutura de
Concreto para Pavimento Tipo – Fonte: Cyrela Brazil Realty.

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE		RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
	PE - Procedimento de Execução		DES	DIT
SERVIÇO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA	
MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		PE EST 01-2	161/20	

1. OBJETIVO

O objetivo desse procedimento é padronizar e fornecer diretrizes para a execução de montagem de formas para estrutura convencional composta de pilares, vigas e lajes em concreto armado revestido.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos abaixo relacionados deverão ser analisados e estudados antes do início dos serviços pela equipe da administração da obra (engenheiro, mestre e estagiário)

Projeto de Forma Pronta;

Projeto de Alvenaria/Tubulações Embutidas / Furações;

Projeto de Escoramentos;

PE.EST.02 - Procedimento para Concretagem de Estruturas

PE.EST.03 - Procedimento para Montagem de Armação para Concreto Armado

PE.INS.01 - Procedimento para Execução de Embutimento de Eletroduto em Laje

3. FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

Serra manual	Pé de cabra
Espátula	Prumo de centro
Esquadro	Arco de serra com lâmina
Barras de Ancoragem	Trena de aço (5.0 e 30.0m)
Nível Alemão / Nível Laser	Martelo
Rolo de espuma e/ou bombona p/ desmoldante	Turquesa
Prumo de face	Alavanca
Nível de mão	Serrote
Máquina lava jato	Pincel
Escada para acesso ao pavimento	Furadeira
Pistola fincapino (se necessário)	Broca para madeira
Cantoneira metálica para mão francesa	
Serra de bancada c/ disco de videa D=72 dentes	
Equipamento de escoramento conforme projeto contratado (torres, escoras, longarinas, barrotes, etc.)	

4. MATERIAIS

Forma pronta	Lápis de carpinteiro / giz
Arame galvanizado nº 20	Desmoldante para formas
Linha de nylon	Isopor P3 (se necessário)
Gastalho	Corda
Esticador 1/2" ou 3/8"	Cabo de aço de 8mm
Prego de aço / Prego cabeça dupla	Prego 18x27 e 17x21
Galgas de PVC marrom 20mm 2ª linha	Espaçadores plásticos tipo cone
Tinta látex PVA 1ª linha	Pino de aço

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA
		PE.EST.01-2	2/20

5. MÉTODO EXECUTIVO

5.1 Condições para o início do serviço

- A área de trabalho deve estar totalmente desimpedida, limpa e sem nenhuma interferência;

5.2 Método Executivo

5.2.1 Desforma da Forma

A – Verificar as condições para iniciar a desforma:

- tempo mínimo para desforma (60h para pilares, 36h para vigas e 44h para lajes).
- histórico dos valores da resistência à compressão e do módulo de deformação do concreto
- aprovação do escoramento permanente por um responsável quanto à quantidade, posicionamento, prumo e aperto das escoras (de acordo com item C a seguir)

B – Seguir a seqüência de desforma abaixo:

- desforma de pilares
- desforma de vigas
- desforma de lajes

C – Posicionar as escoras metálicas permanentes nos pontos indicados em projeto, durante a concretagem da laje. As tiras da forma que recebem o escoramento permanente (fundos de viga e faixas de laje) não deverão ser removidas quando da desforma, devendo ser fabricadas em quantidade adicional conforme previsto em projeto.

Fazer a movimentação das escoras permanentes conforme ciclo de referência indicado no exemplo a seguir

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA
		PE EST.01-2	3/20

EXEMPLO

Na hipótese do projeto de formas prever 3 níveis de laje com escora permanente, a movimentação das escoras permanentes e dos fundos de viga e faixas de laje deve ser sempre da laje 1 para a laje 5.



D – Para não danificar os painéis na desforma, tomar os seguintes cuidados

- trabalhar em duplas
- prever no projeto local para início de desforma como o exemplo ilustrado na figura (FIG 1)
- utilizar cunhas de madeira para soltar os painéis (se necessário)
- empregar cordas ou telas de nylon para evitar a queda direta de painéis sobre a laje

E – Fazer a limpeza dos painéis com espátula e, se necessário, palha de aço, no andar da desforma, antes de transportá-los para o andar superior (em montagem).

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA
		PE EST 01-2	4/20

- F – Executar eventuais reformas que se fizerem necessárias nos painéis deformados
- G - Aplicar desmoldante no traço especificado pelo fabricante, utilizando rolo de espuma. Nos painéis de pilares aplicar o desmoldante no pavimento que está sendo deformado. Nos painéis de vigas e laje aplicar o desmoldante no pavimento a ser concretado. Nos painéis de laje, aplicá-lo somente após a concretagem dos pilares e a limpeza das formas na região dos mesmos.
- Caso seja utilizado pulverizador para aplicação do desmoldante, manter uma "bombona" devidamente identificada só para o desmoldante
- H – Limpar a superfície do concreto recém deformado (remoção de pregos, eventuais pedaços ou tiras de madeira, pontas de ferro salientes, gachalhos malucos, etc.)
- I – Varrer a laje no nível deformado
- J – Descer o entulho

ÍTEM DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Análise visual da superfície da estrutura deformada verificando eventual necessidade de ajustes no processo para a próxima laje
 - Qualidade do adensamento do concreto
 - Alinhamento, prumo, nível das peças de concreto armado recém deformadas
- Cuidados na desforma
- Limpeza e conservação dos painéis

5.2.2 Transferência de Eixos

- Transportar os eixos principais para os ganchos de ferro deixados na laje, com o uso de prumos de centro de 0,5 Kg (dois pontos de cada eixo), tomando-se como base os pontos do andar imediatamente inferior (**FIG 2**), ou com uso de nível laser.
- Verificar o esquadro entre eixos empregando trena de aço e fazendo uma triangulação nas linhas dos eixos (na maior dimensão que o espaço físico permitir)

ÍTEM DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Verificação do transporte dos eixos
- Verificação da vinculação entre eixos (esquadro)

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA
		PE EST 01-2	5/20

5.2.3 Locação de Gastalhos

- À partir dos eixos de referência, localizar os gastalhos, (FIG 3) conforme projeto de locação, fixando-os preferencialmente com pregos de aço. Caso a fixação não seja possível com esse prego em função da resistência do concreto, utilizar pinos de aço (walsywa /hilti) fixados com martelo comum. Caso também não haja penetração do pino, fixar usando o equipamento a tiro.
- O gastalho deve ser fixado na laje aproximadamente a cada 50 cm conforme (FIG 4)
- Para os pilares da periferia, devem ser executados apoios para os gastalhos (a exemplo do indicado na FIG 5), pois os mesmos devem ficar fixos e imóveis tanto horizontal quanto verticalmente para que não haja deformações ao receber o peso próprio dos painéis. Complementarmente este apoio deve garantir a vedação no pé do pilar contra a fuga de concreto quando do adensamento.
- Devem ser fabricados dois jogos de gastalhos para o pavimento tipo.

ÍTEMS DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Locação dos gastalhos antes de iniciar a montagem dos pilares – anotar as medidas na planilha de "Registro das Medidas de Conferência de Gastalhos" (FOR 08 - PE EST)

5.2.4 Montagem de Pilares

- Durante a fixação dos gastalhos, iniciar a retirada das formas dos pilares do pavimento inferior, observando os cuidados com limpeza, manutenção e aplicação de desmoldante citados no item 5.2.1 - **Desforma**.
- Transportar os componentes dos pilares (pontaletes guia / sanduiches guia / grades e os painéis) para o pavimento em execução somente após a conclusão e liberação dos gastalhos. Em casos especiais, em função do prazo disponível para o ciclo da forma, a liberação para início da montagem dos painéis poderá ocorrer após a marcação e liberação dos gastalhos de, aproximadamente, metade do pavimento e desde que não interfira com a locação do trecho restante
- Pregar os gastalhos máluco de travamento de pilares (FIG 6) na laje
- Fixar a grade (FIG 7) no gastalho, aprumando-a e travando-a com três cantoneiras metálicas (corte de aproximadamente 3,00 m).

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA
		PE EST.01-2	6/20

- A partir do ponto de referência de nível do pavimento, transferir o nível a 1,24m para todas as grades de pilares, utilizando o nível laser ou nível alemão. Caso em algum pilar apresente diferença entre o nível transportado e o concreto seja inferior a 1,22 m, cortar o concreto excedente para permitir a montagem do painel;
- **OBS :** O nível do pavimento deve ser sempre obtido a partir de um único nível de referência, situado normalmente no pavimento térreo, o qual será transportado cumulativamente para o pavimento em montagem.

ÍTEM DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Prumo dos pontaletes guia/ grade
- Transporte do nível nas grades

- Priorizar nos pilares de borda a colocação do painel lateral externo antes da armação, de acordo com nível de referência;
- Executar a armação de todos os pilares: conforme PE.EST.03;
- Colocar um lado do painel lateral dos demais pilares sempre utilizando nível de referência;
- Colocar os painéis de fundo dos pilares;
- Transportar o nível da grade para os painéis de fundo;

ÍTEM DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Armadura dos pilares antes do fechamento da forma conforme Procedimento de Armação (PE.EST.03)
 - Posicionar as barras de ancoragem nas linhas de amarração dos pilares definidas em projeto, colocando tubos de PVC marrom de 20 mm de diâmetro (2º linha) e cones no comprimento igual à largura do pilar (cones + tubo), na região que ficará imersa no concreto;
 - Colocar o painel de fechamento;
 - Colocar o complemento das grades guia;
 - Apertar as barras de ancoragem;

ÍTEM DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Posicionamento e aperto das barras de ancoragem

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE		RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
	PE - Procedimento de Execução		DES	DIT
SERVIÇO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA	
MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		PE EST.01-2	7/20	

5.2.5 Montagem de Vigas

- A montagem das vigas deverá iniciar somente quando os pilares que interferem com as mesmas estiverem prontos: amarrados e travados;
- Transportar os garfos (ou torres quando for o caso) e painéis para o pavimento
- Distribuir os garfos (ou torres) ao longo da viga utilizando sarrafo pintado para o posicionamento inicial dos garfos
- Lançar os fundos das vigas a partir das cabeças dos pilares, pregando-os nas mesmas e apoiando-os nos garfos ou barroteamento das torres colocados no vão;
- No uso de garfos de madeira, pregar os ganchos malucos para fixação das mãos francesas de travamento das vigas
- Lançar os painéis laterais das vigas ajustando-os aos de fundo.

ÍTENS DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Verificação do encontro do fundo das vigas com as bocas dos pilares
- Distribuição dos garfos de vigas

5.2.6 Montagem de Lajes

- A montagem dos painéis de laje deverá iniciar somente quando as vigas estiverem posicionadas;
- Montar as torres ou escoras com os forcados na posição indicada no Projeto de Escoramento, utilizando nas escoras tripés-base para auxílio, onde necessário. Os pés das escoras ou torres deverão ser montados alinhados, sendo para isso empregado linha de nylon, marcação com lápis ou giz ou galga como referência;
- Lançar as longarinas nos forcados;
- Marcar as posições dos barros, distribuindo-os de forma alinhada conforme projeto de escoramento;
- Fazer o pré nivelamento do topo dos barros;

ÍTENS DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Alinhamento das escoras / torres
- Distribuição dos barros
- Montagem do cimbramento (comparar com o projeto da empresa responsável)

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA
		PE EST 01-2	8/20

- Distribuir os painéis de laje colocando-os na mesma posição da primeira montagem de modo a manter a locação das paredes divisórias e furações;
- Transportar os eixos de referência para a laje a ser assoalhada, usando testemunho de eixo estruturado independente da laje em montagem (como exemplificado na FIG 8 ou similar), prumo de centro, pregos e linha de nylon;

ÍTEMS DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Transferência dos eixos
- Distribuição dos barrotes (rever)

- Alinhar os painéis de laje em função dos eixos de referência e pregá-los nos barrotes;
- Pregar os painéis das vigas no assoalho já pregado
- Montar o guarda corpo de proteção (como exemplificado na FIG 9 ou similar)

ÍTEMS DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Conferir utilizando projeto de locação de ganchos as medidas das cabeças dos pilares em relação aos eixos. Desta forma estará sendo conferido o prumo dos pilares.
- Para liberar a concretagem dos pilares, a PARTE 1 da Tabela de Medição e Monitoramento de execução da estrutura ((1) FOR 01 - PE EST.01) deverá estar preenchida e com a liberação formal do engenheiro da obra.
- Concretar os pilares conforme PE EST.02 - Concretagem de estruturas em concreto armado.
- Limpar a forma e aplicar desmoldante no assoalho;
- Na primeira montagem da forma do pavimento tipo, executar:
 - Locar todas as paredes divisórias a partir dos eixos, riscando com maquina as duas laterais da parede (profundidade ~1 a 2 mm). Pintar somente os riscos com tinta esmalte;
 - Locar os pontos futuros de passagem de tubulação (ralos, prumadas hidráulicas, etc.) que serão executados no futuro com extratora, utilizando, por exemplo, uma chapa na dimensão do furo pregada sobre o assoalho.
 - Locar todos os pontos de virada de tubulações de elétrica e telefonia com serra-copo

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA
		PE EST.01-2	9/20

- Locar as aberturas que devem ser deixadas na laje (por exemplo os shafts), riscando o assoalho da laje com maquina, identificando o contorno das aberturas.
- No painel lateral da viga, pintar a posição dos garfos e das mãos francesas de travamento.
- Nos quatro jogos de fundo de viga pintar a posição das escoras permanentes.
- Nos quatro jogos de faixa de escoramento permanente de laje, pintar a posição das escoras permanentes.

ÍTEMS DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Locação das paredes
 - Locação dos pontos futuros de instalação
 - Locação dos pontos de virada dos eletrodutos de instalação
 - Locação das aberturas (shafts) sobre a laje
- Executar a armação de vigas e lajes conforme PE.EST.03 – Execução de Armação;
 - Executar o embutimento das instalações conforme PE.INS.01;
 - Paralelamente aos serviços de armação e colocação de tubulações embutidas, deve-se executar os seguintes serviços .
 - Colocar cunhas de madeira sob os garfos das vigas até que os mesmos encostem no fundo dos painéis laterais das vigas.
 - Apertar as barras de ancoragem dos garfos
 - Aprumar os garfos da seguinte forma:
 - Garfos de periferia: posicionar os garfos (com uma perna prolongada) encostando os calços para apoio na viga de periferia do pavimento inferior.
Garfos de vigas internas: aprumar a face interna das peças de extremidade com prumo de face e os demais garfos através de linha fixada nessas duas peças
 - Nivelar os garfos através de cunhas de madeira, utilizando linha de nylon
 - Posicionar as mãos francesas de travamento dos garfos de vigas conforme indicado em projeto;
 - Colocar o sarrafo de pressão nas vigas externas;

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA
		PE EST.01-2	10/20

- Fazer o nivelamento final da laje;
- Conferir o alinhamento das vigas posicionando linha afastada 15 cm do painel lateral e o nivelamento das vigas posicionando linha entre os garfos. Deixar as linhas esticadas durante a concretagem para monitoramento de deformações ;
- Para o nivelamento final da laje, deixar as linhas esticadas sob a laje para o acompanhamento de alguma deformação durante a concretagem

ITENS DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Alinhamento de vigas
- Nivelamento de vigas
- Travamento das mãos francesas e garfos de vigas
- Nivelamento de laje

- Para liberar a concretagem de vigas e lajes, a PARTE 2 da Tabela de Medição e Monitoração de execução de estrutura (FOR 123 - PE.EST.01/02/03) deverá estar preenchida e com liberação formal do engenheiro da obra.

6. PROCEDIMENTOS ADMINISTRATIVOS

	ANTECEDÊNCIA	RESPONSÁVEL
Ferramentas e equipamentos disponibilizados	1 dia	Mestre
Projeto de forma pronta	45 dias	Depto. de Projetos
Ferramentas e equipamentos	15 dias	Engenheiro

7. ANEXO 1 - FIGURAS

8. TABELA DE MEDIÇÃO E MONITORAÇÃO (FOR 123 - PE.EST.01/02/03)

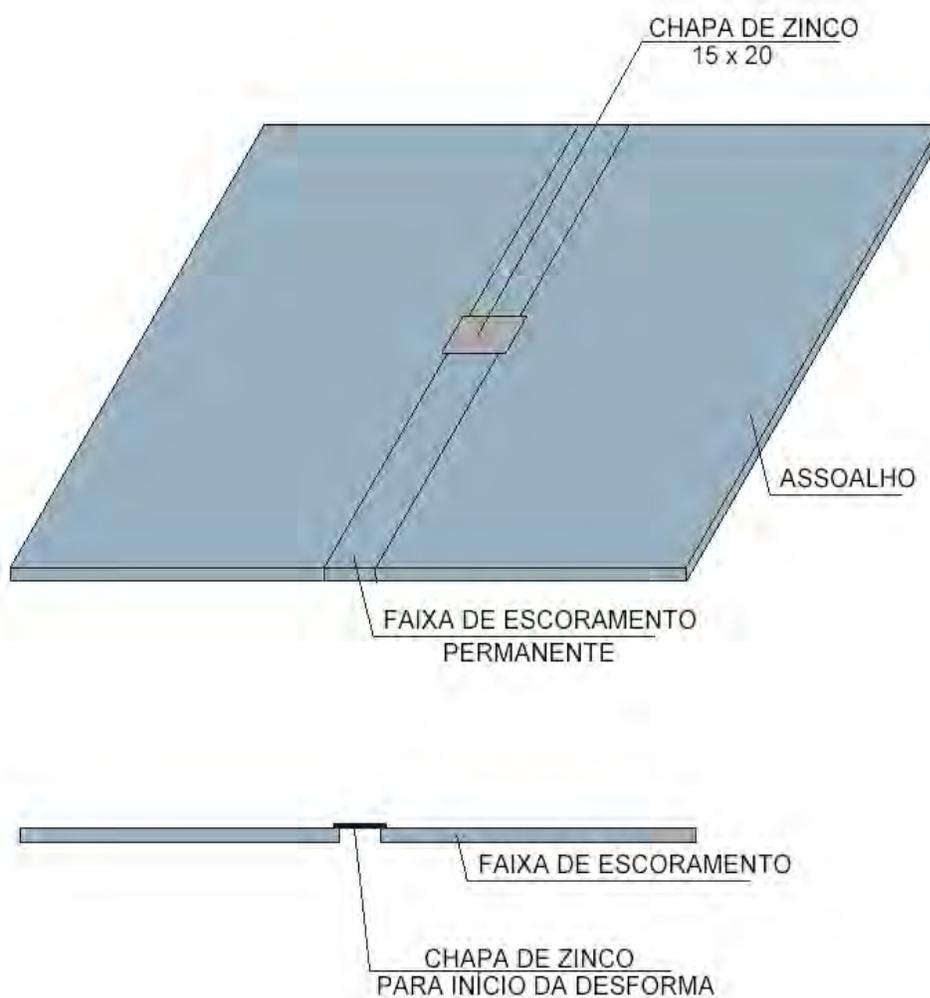
	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO	IDENTIFICAÇÃO	FOLHA	
MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO	PE EST 01-2	11/20	

ANEXO 1

FIGURAS

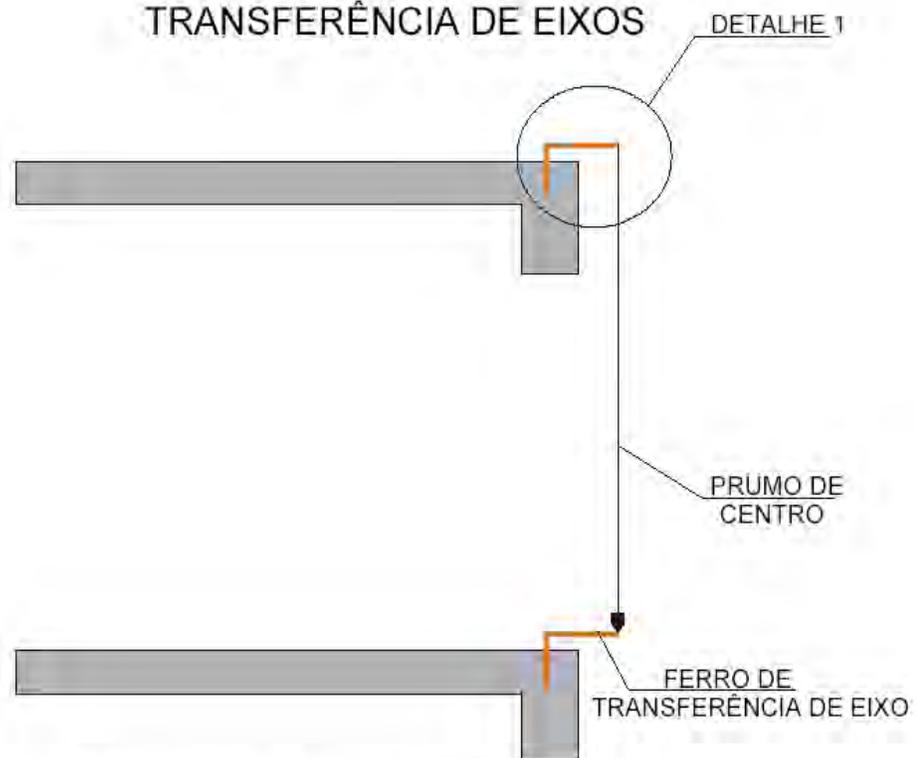
	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
Serviço	IDENTIFICAÇÃO	FOLHA	
MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO	PE EST.01-2	12/20	

FIGURA 1
INÍCIO DA DESFORMA

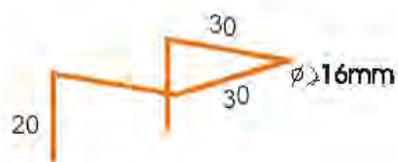


	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA
		PE EST 01-2	13/20

FIGURA 2
TRANSFERÊNCIA DE EIXOS



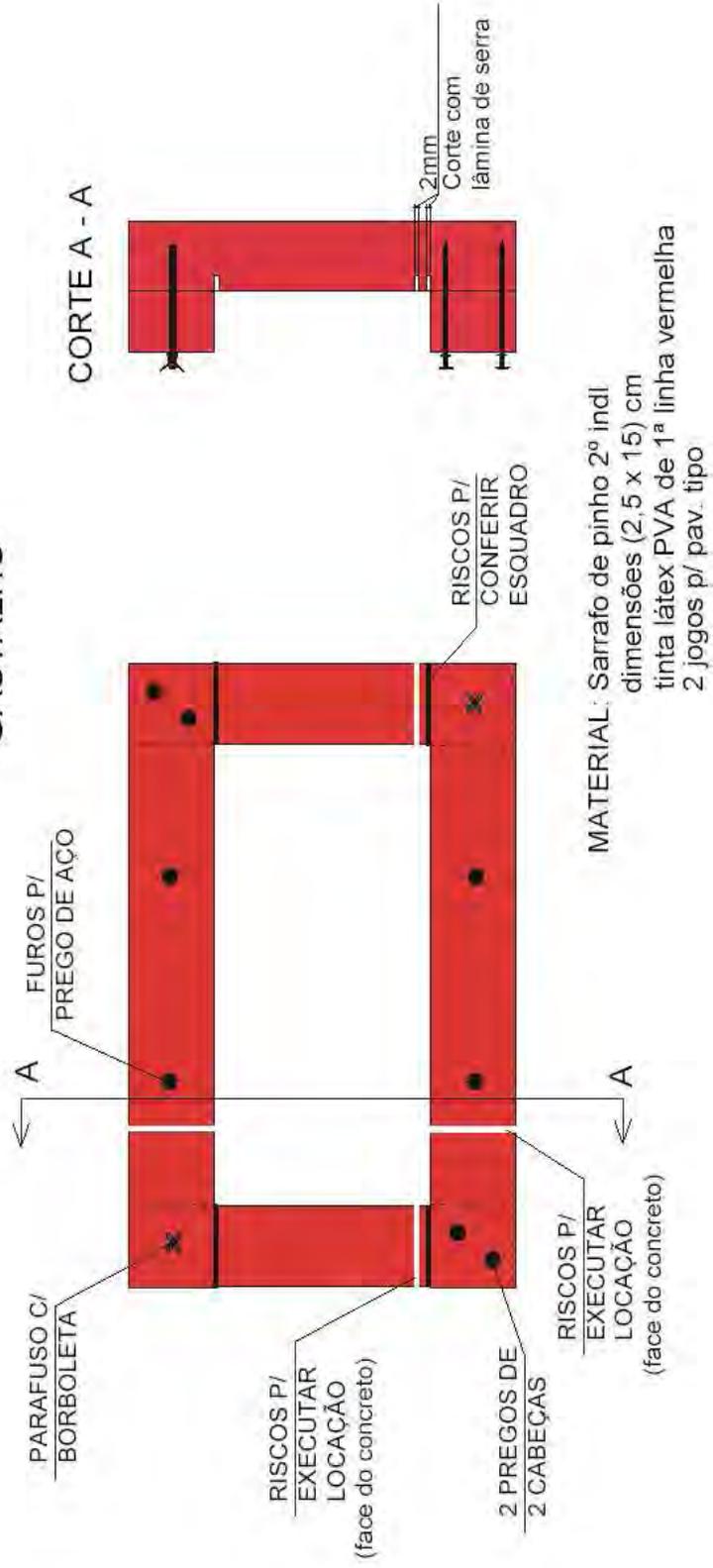
DETALHE 1 - Ferro de eixo



MEDIDAS EM cm

	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução		APROVAÇÃO
	RESPONSÁVEL	DES	DIT
SERVIÇO	MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		FOLHA
	IDENTIFICAÇÃO	PE EST.01-2	14/20

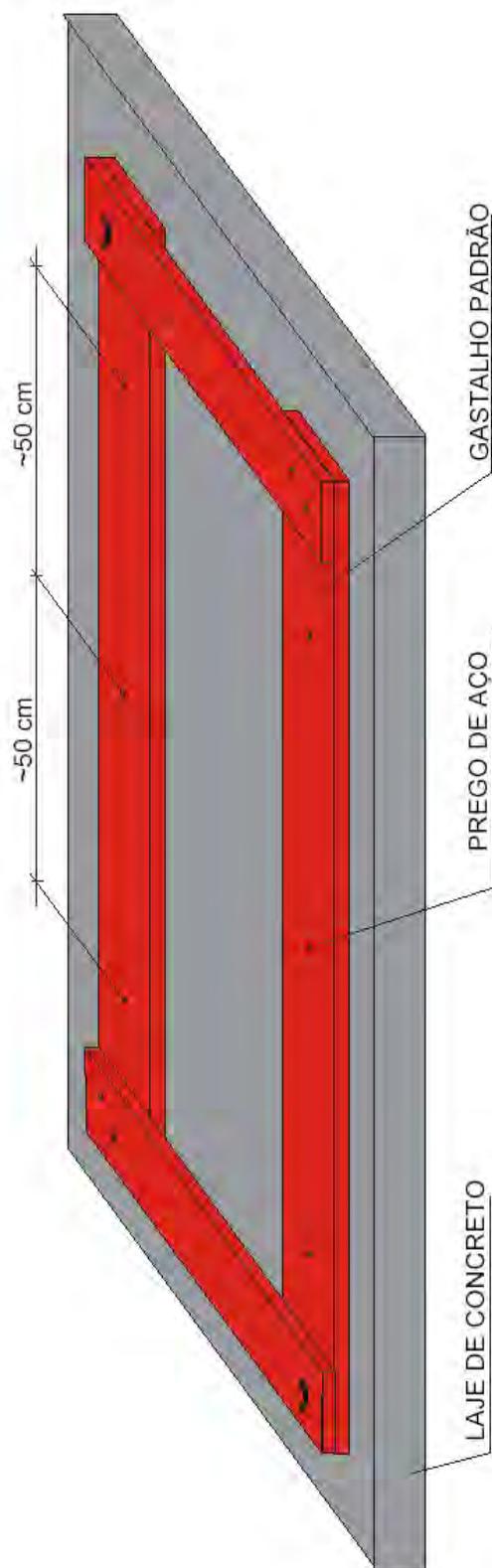
FIGURA 3
GASTALHO



	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução		RESPONSÁVEL DES	APROVAÇÃO DIT
	SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO PE EST.01-2	FOLHA 15/20

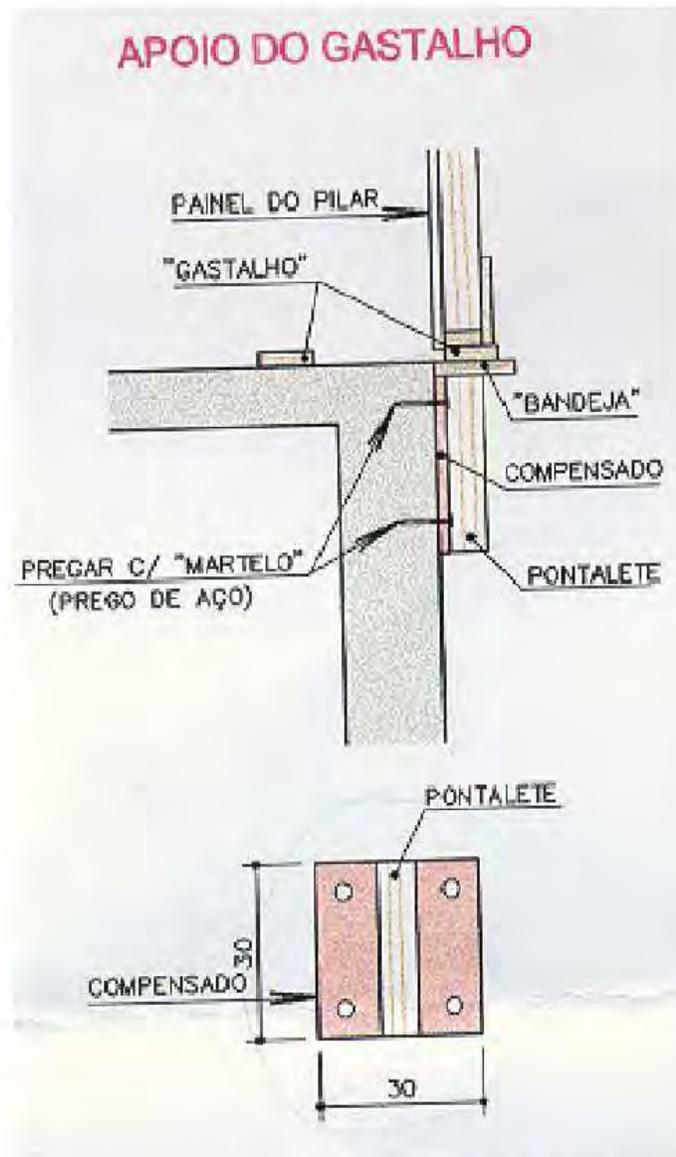
FIGURA 4

FIXAÇÃO DE GASTALHO



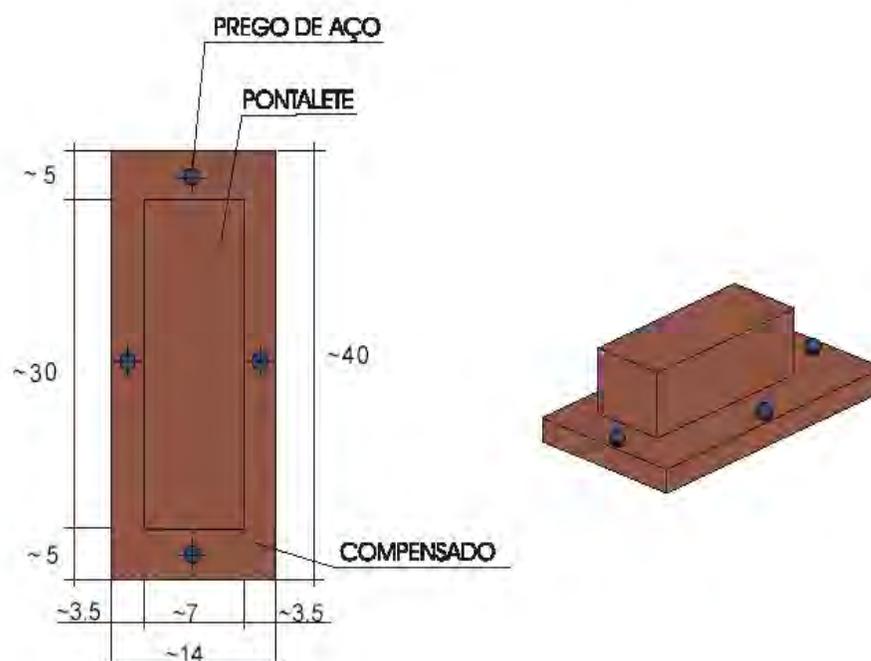
	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA
		PE EST.01-2	16/20

FIGURA 5



	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA
		PE EST.01-2	17/20

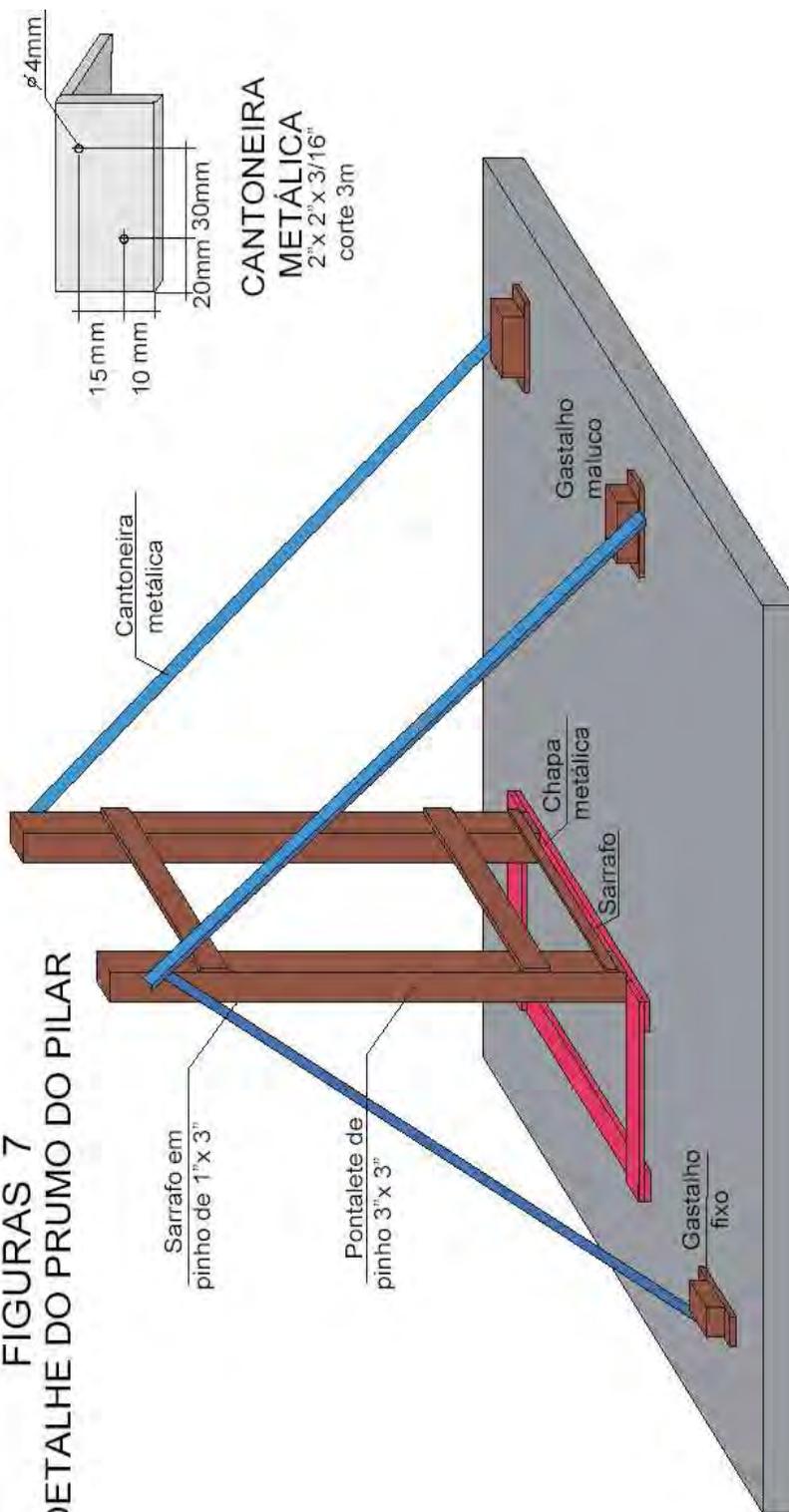
FIGURA 6
GASTALHO MALUCO



MEDIDAS EM cm

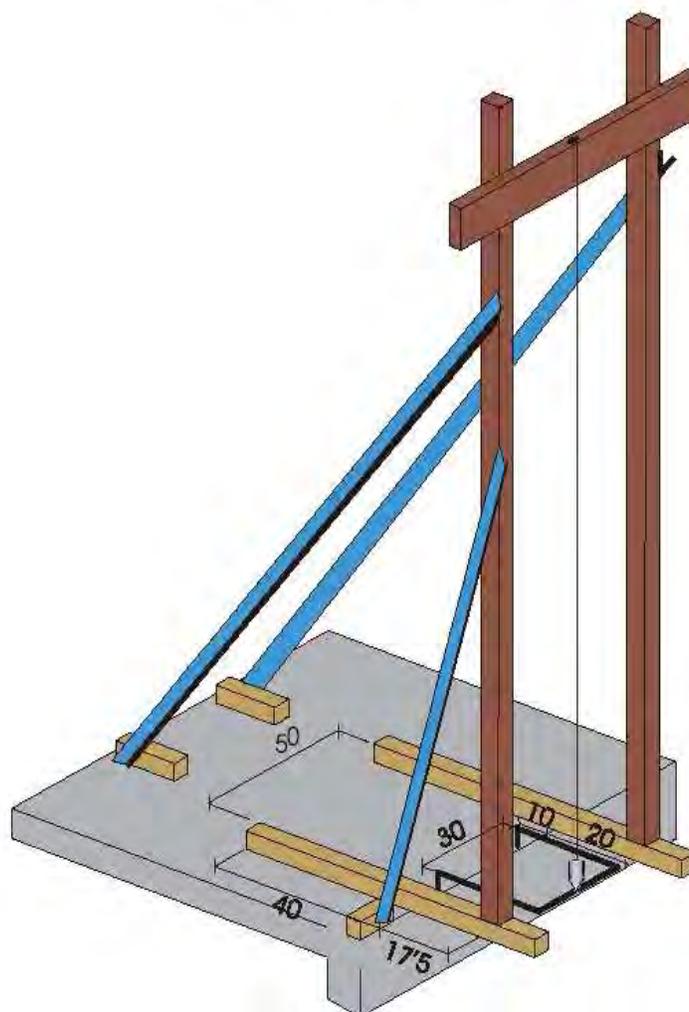
	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução		APROVAÇÃO DIT
	SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO	IDENTIFICAÇÃO PE EST.01-2	FOLHA 18/20

FIGURAS 7
DETALHE DO PRUMO DO PILAR



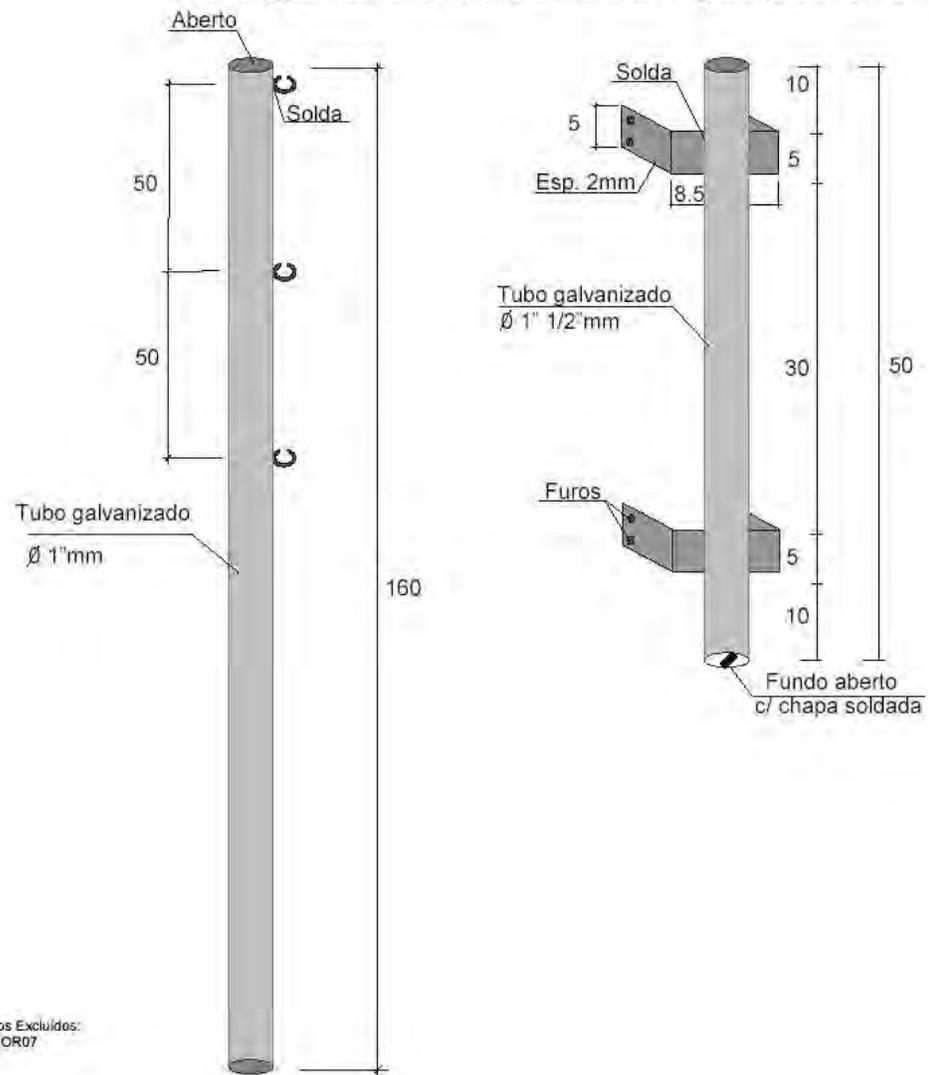
	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO	IDENTIFICAÇÃO	FOLHA	
MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO	PE EST.01-2	19/20	

FIGURA 8
TESTEMUNHO DE EIXO



	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE PE - Procedimento de Execução	RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO
		DES	DIT
SERVIÇO MONTAGEM DE FORMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO		IDENTIFICAÇÃO	FOLHA
		PE EST.01-2	20/20

FIGURA 9
 GUARDA - CORPO DE PROTEÇÃO
 Para garfos de madeira de vigas periféricas



ANEXO 3

Procedimento executivo - Concretagem de Estrutura em Concreto

Armado – Fonte: Cyrela Brazil Realty.

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE.EST.02	REF.: 7.5.1
		REV.: 2	FOLHA: 1/5
SERVIÇO: CONCRETAGEM DE ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO			

1. OBJETIVO

O objetivo desse procedimento é padronizar e fornecer as diretrizes para a concretagem de estruturas em concreto armado.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Projeto de Formas;

3. FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

DESCRIÇÃO
Motor para vibrador
Mangotes (Ø25mm; Ø35mm; Ø45mm)
Girica
Mestra metálica
Caminhos metálicos padrão (se necessário)
Régua de alumínio 3.0m
Lavadora elétrica tipo "wap"
Enxadas, pás
Desempenadeira de madeira
Colher de pedreiro
Nível laser (se necessário)
Desempenadeira tipo Floating (em execução de laje)
Guarda - corpo
"Robô" – quadro elétrico blindado para ligação dos equipamentos
Roleta (se necessário)

4. MATERIAIS

Concreto (conforme especificação em projeto)
Prego 17x21
Tela de Proteção

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE.EST.02	REF.: 7.5.1
		REV.: 2	FOLHA: 2/5
SERVIÇO: CONCRETAGEM DE ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO			

5. MÉTODO EXECUTIVO

5.1 - Condições para o início dos serviços

- A armação, a forma, o cimbramento, as tubulações embutidas e as passagens de instalações já devem ter sido conferidas e liberadas;
- Limpeza e organização da laje do pavimento inferior executadas;

5.2 - Método Executivo

5.2.1 Concretagem dos pilares

- Conferir na nota fiscal: especificação do concreto (Fck, Slump, Traço), horário de saída do caminhão da usina, volume do caminhão, volume máximo de água que é permitido adicionar;
- Registrar na nota, através de relógio de ponto, o horário de chegada do caminhão na obra;
- Fazer o ensaio de slump test de todos os caminhões e moldagem de CP's;
- Iniciar a concretagem;
- Lançar o concreto em queda livre (altura máxima que não ocorra segregação), em camadas (de altura não superior ao comprimento da agulha do vibrador), vibrando adequadamente até atingir a cota prevista de parada do concreto (~1cm acima do fundo da viga mais baixa que chega ao pilar.)
- Fazer o mapeamento da concretagem, identificando por caminhão os pilares concretados;

5.2.2 Concretagem das vigas e lajes

- Repetir os procedimentos de conferência de nota, condições de início de serviço, slump test e moldagem do corpos de prova;
- Posicionar as mestras metálicas;
- Umedecer a forma, tomando cuidado para nunca jogar água concomitantemente com o concreto;
- Colocar os caminhos metálicos (se necessário);
- Antes de lançar o concreto, limpar a cabeça do pilar e molhar a mesma até sua saturação, sem deixar água livre (empoçada) na superfície;
- Iniciar o lançamento do concreto;
- Quando do ensaio de slump test, avaliar visualmente a homogeneidade do teor de argamassa do concreto entre caminhões betoneira. Caso seja detectado a argamassa insuficiente ou em excesso, devolver o caminhão e comunicar a concreteira.

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE.EST.02	REF.: 7.5.1
		REV.: 2	FOLHA: 3/5
SERVIÇO: CONCRETAGEM DE ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO			

- Durante a concretagem, fazer o acompanhamento, por baixo da laje que está sendo concretada, das deformações que podem estar ocorrendo nas formas e cimbramento. Utilizar as linhas, previamente posicionadas, para o controle das deformações.
- Sarrafejar com régua de alumínio o concreto lançado, vibrando com o vibrador na vertical;
- Retirar, nessa ocasião, o excesso de concreto nos arranques dos pilares
- Lavar a parte inferior da forma e o piso de apoio das escoras, a fim de remover resíduos da concretagem;
- Retirar as mestras;
- Utilizar rolo adensador (quando necessário);
- Desempenar a superfície com floating;
- Promover a cura;
- Fazer o mapeamento da concretagem, identificando graficamente através de planta reduzida da laje, a área concretada por cada caminhão betoneira

DIRETRIZES PARA O USO CORRETO DO VIBRADOR

- Adensar com a agulha na posição vertical, exceto em lajes, onde é permitido inclinar o vibrador;
- Distancia entre pontos de imersão não superior ao raio de ação;
- Altura da camada de vibração um pouco inferior ao comprimento da agulha do vibrador;
- Inserir a agulha na camada sendo vibrada sempre com o motor ligado, deixando-a afundar por si própria;
- Vibrar até o momento em que a superfície do concreto fique com aspecto "espelhada" e praticamente cesse a subida de bolhas de ar;
- Retirar a agulha da camada lentamente e com o motor ligado.

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE.EST.02	REF.: 7.5.1
		REV.: 2	FOLHA: 4/5
SERVIÇO: CONCRETAGEM DE ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO			

Erros mais comuns obtidos durante a vibração do concreto

<i>ERRO</i>	<i>CONSEQUÊNCIA E COMENTÁRIOS</i>
Arrastar concreto com o vibrador	Vibrador não é instrumento para arrastar concreto, mas para consolidá-lo. O movimento lateral do vibrador causa a segregação, pois os agregados graúdos tendem a se separar da argamassa.
Vibrar com a agulha inclinada	A posição ideal é a vertical. Inclinando-se a agulha, a transmissão dos esforços não se dá de forma homogênea. Parte da energia é dissipada para o ar.
Empurrar o vibrador para dentro da massa	Deve-se deixar o vibrador descer por si só.
Retirar a agulha muito rápido	A velocidade de retirada do vibrador deve ser tal que o concreto preencha o espaço ocupado pela agulha. Retirar rápido pode deixar vazios na massa.
Usar pontos de inserção muito afastados	Se não houver superposição das áreas de influência, algumas regiões do concreto ficarão sem vibração.
Encostar o vibrador de forma contínua na armadura	Afeta a aderência do concreto ao aço e, em vigas, pode deslocar os estribos.
Encostar o vibrador na forma	Machuca a forma e pode deslocar os painéis.
Vibrar camadas muito espessas	A agulha do vibrador deve ser mais comprida do que a altura da camada para haver a "costura" com a camada anterior e a peça ficar uniforme em toda a sua extensão.
Vibrar por muito tempo	A sobrevibração pode causar segregação, principalmente em concretos muito fluidos.
Vibrar por pouco tempo	Embora o concreto possa ficar com a superfície horizontal, o efeito do adensamento não se dá por completo.
Deixar o vibrador trabalhar no vazio	Pode queimar o motor. O concreto age como resfriador.
Transitar com equipamentos sobre a mangueira	A mangueira do vibrador não é vazia

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE.EST.02	REF.: 7.5.1
		REV.: 2	FOLHA: 5/5
SERVIÇO: CONCRETAGEM DE ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO			

6. FORNECEDORES DE REFERÊNCIA

	FORNECEDORES DE REFERÊNCIA
EQUIPAMENTOS	
MATERIAIS	
SERVIÇOS	

Os fornecedores descritos no item 6 são referências para facilitar o planejamento da obra, uma vez que foram aprovados tecnicamente através de desenvolvimento ou desempenho comprovado ao longo do tempo, não sendo obrigatória a sua aquisição ou contratação. No caso de outros fornecedores, confirmar a aprovação técnica com o Departamento da Qualidade e Desenvolvimento Tecnológico e / ou Suprimentos.

7. TABELA DE APROVAÇÃO DE SERVIÇOS (FOR.EST.02)

ANEXO 4

Procedimento executivo – Montagem de Armação para Concreto
Armado para Pavimento Tipo – Fonte: Cyrela Brazil Realty.

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE.EST.03	REF.: 7.5.1
		REV.: 1	FOLHA: 1/4
SERVIÇO: MONTAGEM DE ARMAÇÃO PARA CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO			

1. OBJETIVO

O objetivo desse procedimento é padronizar e fornecer diretrizes para a execução de armação para estrutura convencional composta de pilares, vigas e lajes maciças em concreto armado revestido.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- Projeto de Armação;
- Projeto de Forma;
- Projeto de Furações;
- Projeto de Elétrica – Aterramento;
- PE.INS.01 Execução de Embutimento de Eletroduto em Laje;

3. FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

DESCRIÇÃO
Arco de serra com lâmina
Trena (5.0 e 30.0m)
Turquesa
Tesoura para corte de ferro
Policorte

4. MATERIAIS

- Aço beneficiado (cortado e dobrado)
- Arame recozido nº18
- Distanciadores plásticos COPLAS
- Giz / gesso
- Corda de nylon
- Tela soldada (quando especificada)

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE.EST.03	REF.: 7.5.1
		REV.: 1	FOLHA: 2/4
SERVIÇO: MONTAGEM DE ARMAÇÃO PARA CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO			

5. MÉTODO EXECUTIVO

5.1 – Armação de Pilares

5.1.1 Condições para o início do serviço

- A forma deve estar de acordo com o [PE.EST.01](#)
- A montagem da forma do pilar já deve ter sido iniciada e os ganchos liberados
- O concreto na região do arranque dos pilares deve estar firme e limpo

5.1.2 Método Executivo

- Pré – armar, preferencialmente, os pilares;
- Posicionar e complementar a armadura, conferindo-a de acordo com o projeto;
- Fixar os distanciadores nos estribos por todas as faces e extensão da armadura, com o espaçamento necessário para garantir o recobrimento da armadura conforme projeto;
- Posicionar a armação para aterramento conforme indicado no projeto de elétrica

ÍTENS DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Quantidade, bitola, posição e comprimento da armação
- Dimensão e posição dos espaçadores plásticos

5.2 - Armação de Vigas

5.2.1 Condições para o início do serviço

- Os pilares já devem ter sido concretados
- A forma deve atender ao [PE.EST.01](#)

5.2.2 Método Executivo

- Pré-armar, preferencialmente, as vigas;
- Posicionar e complementar a armadura, conferindo-a de acordo com o projeto;
- Fixar os distanciadores nos estribos por todas as faces e extensão da armadura, com o espaçamento necessário para garantir o recobrimento da armadura conforme projeto;

ÍTENS DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Quantidade, bitola, posição e comprimento da armação
- Dimensão e posição dos espaçadores plásticos
- Reconstituição dos estribos que eventualmente tenham sido cortados para colocação da armação das vigas
- Embutimento das instalações

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE.EST.03	REF.: 7.5.1
		REV.: 1	FOLHA: 3/4
SERVIÇO: MONTAGEM DE ARMAÇÃO PARA CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO			

5.3 - Armação de Lajes

5.3.1 Condições para o início do serviço

- A forma deve atender ao [PE.EST.01](#);
- As vigas já devem ter sido montadas

5.3.2 Método executivo

- Distribuir a armação positiva das lajes (barras ou telas soldadas) conforme o projeto
- Amarrar a malha, garantindo o posicionamento e alinhamento correto das barras. No caso de telas soldadas, amarrar as regiões onde há sobreposição;
- Retirar o fio da extremidade da tela formando uma franja para que ela penetre entre as ferragens das vigas;
- Posicionar a armadura de reforço indicada em projeto nas regiões das aberturas de passagem
- Executar o embutimento das instalações conforme [PE.INS.01](#).
- Distribuir a armação negativa obedecendo o posicionamento e espaçamento de acordo com o projeto (barras de aço ou tela soldada);
- Posicionar a armadura de suporte sobre a armação positiva de modo a dar apoio aos negativos, garantindo o posicionamento da armação, mesmo durante a concretagem;
- Distribuir os distanciadores na laje, em quantidade suficiente para garantir o recobrimento da armadura conforme projeto, formando figura geométrica para facilitar conferência visual;
- Fazer a limpeza das pontas de arame com o uso de imã.

ÍTEM DE VERIFICAÇÃO PARA CONTROLE

- Quantidade, bitola, posição e comprimento da armação
- Posicionamento e eficiência da armadura suporte dos negativos
- Embutimento das instalações

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE.EST.03	REF.: 7.5.1
		REV.: 1	FOLHA: 4/4
SERVIÇO: MONTAGEM DE ARMAÇÃO PARA CONCRETO ARMADO PARA PAVIMENTO TIPO			

6. FORNECEDORES DE REFERÊNCIA

EQUIPAMENTOS	FORNECEDORES DE REFERÊNCIA
MATERIAIS	
SERVIÇOS	

Os fornecedores descritos no item 6 são referências para facilitar o planejamento da obra, uma vez que foram aprovados tecnicamente através de desenvolvimento ou desempenho comprovado ao longo do tempo, não sendo obrigatória a sua aquisição ou contratação. No caso de outros fornecedores, confirmar a aprovação técnica com o Departamento da Qualidade e Desenvolvimento Tecnológico e / ou Suprimentos.

7. TABELA DE APROVAÇÃO DE SERVIÇOS (FOR.EST.03)

ANEXO 5

Procedimento Executivo – Montagem de Fôrma para Estrutura de
Concreto Armado para Periferia e Projeção da Torre – Fonte Cyrela
Brazil Realty.

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE EST.06	REF.: 7.5.1
		REV.: 1	FOLHA: 1/5
SERVIÇO: MONTAGEM DE FÔRMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PERIFERIA E PROJEÇÃO DA TORRE – MÉTODO CONVENCIONAL			

1. OBJETIVO

O objetivo deste procedimento é padronizar a produção industrializada de argamassa em canteiro de obra, para marcação e assentamento de alvenaria, aplicação em revestimentos internos e externos e contra pisos.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- Projeto de Arquitetura;
- Projeto de Vedação;
- Projeto de fachada (Elaborado pela obra)

3. FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

DESCRIÇÃO
Dosador de areia de 35 x 35 x 21,5 cm
Dosador de cimento para saco azul (Ø 19,5cm e h= 35 cm)
Dosador de cimento para saco amarelo (Ø 19,5cm e h= 23,5 cm)
Espátula
EPIs
Argamassadeira
Balança analógica de 200 kg.

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE.EST.06	REF.: 7.5.1
		REV.: 1	FOLHA: 2/5
SERVIÇO: MONTAGEM DE FÔRMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PERIFERIA E PROJEÇÃO DA TORRE – MÉTODO CONVENCIONAL			

4. MATERIAIS

- Cimento CP II F ou CP II E
- Cal CH I – 5,5 kg ou 15 kg – Cobrascal ou Ical.
- Areia Fina Especial – Bernardes ou Aremilha (Para assentamento de alvenaria; revestimento interno e externo; contrapiso polimérico).
- Areia Média – Bernardes ou Aremilha (contrapiso alisado reforçado ou acústico, chapisco rolado ou projetado).
- Madeira para confecção da central de dosagem.
- Resina acrílica (Baucryl 5000).
- Saco de rafia virgem 50 x 70 com tarja preta – Areia fina especial
- Saco de rafia virgem 50 x 70 com tarja azul – Areia média
- Saco plástico de (33 x 50) cm – amarelo – assentamento, contrapiso polimérico e chapisco.
- Saco plástico de (33 x 50) cm – azul – contrapiso, contrapiso polimérico e chapisco.
- Carrinho plataforma.
- Carrinho de mão com caixa plástica ou caixa metálica.
- Resina PVA ⁽¹⁾ Wonderbond 503 A ou Ramalho 700.

5. MÉTODO EXECUTIVO

5.1. Condições para o início dos serviços

O planejamento das centrais de dosagem e de produção de argamassa deve estar concluído, considerando, no mínimo, as seguintes diretrizes:

- Os dosadores indicados nas figuras anexadas devem estar disponibilizados na obra.
- Localização da central de dosagem de argamassa, previsão para estocagem diária e, quando necessário, montagem de caixote de madeira.
- Sistema de abastecimento de água até a central de argamassa;
- Programação diária de produção e transporte de argamassa para o local de utilização;
- Estabelecer programação de controle tecnológico. (FOR.89 fl 44);

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE.EST.06	REF.: 7.5.1
		REV.: 1	FOLHA: 3/5
SERVIÇO: MONTAGEM DE FÔRMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PERIFERIA E PROJEÇÃO DA TORRE – MÉTODO CONVENCIONAL			

5.2. Método Executivo

1ª etapa: Central de Dosagem

Cimento

- Montar a central de dosagem de cimento conforme esquema anexo (dosador e caixote).
- Dosar e ensacar o cimento conforme a **Tabela 1**, levando em conta as dimensões do dosador, a utilização da balança (caso necessário) ⁽²⁾ e a cor dos sacos.
- O responsável pela central de dosagem de cimento deve, ao término de cada período, ou quando necessário, limpar o dosador com uma espátula para retirar o excesso de cimento que pode ficar impregnado.
- Durante a dosagem do cimento, os funcionários **devem** utilizar as máscaras respiratórias e luvas de proteção. As máscaras devem ser substituídas, sempre que necessário, conforme as orientações do fabricante.

Areia

- Montar a central de dosagem em local próximo ao de estocagem da areia.
- Dosar a areia em saco de rafia virgem 50 x 70, conforme **Tabela 1** (tarja azul para areia média e tarja preta para areia fina especial).
- ⁽³⁾ As areias, devem ser separadas por tipo, identificadas e dosadas em sacos de cores diferentes conforme **Tabela 1**.
- Ao término do turno, o responsável pela central de dosagem de areia, deverá deixar o dosador limpo.
- A obra deve estabelecer uma programação de transporte da areia levando em conta o transporte horizontal / vertical, (utilização do carrinho plataforma / elevador cremalheira).

2ª etapa: Central de Produção da Argamassa

- Montar a central de produção de argamassa conforme planejamento da obra. Para revestimento externo, a obra deve elaborar um croqui da central, que fará parte do projeto de fachada.
- Colocar as tabelas ilustradas com os traços de argamassa para cada tipo de serviço junto à central, em local visível e com tamanho adequado para ser facilmente consultado pelo funcionário responsável pela dosagem.
- Misturar os materiais na argamassadeira, e acrescentando água até obtenção da consistência adequada para aplicação.
- Despejar a argamassa no carrinho de mão com caixa plástica / metálica e transportar até o local de uso. No caso do revestimento externo, a argamassa será despejada no funil de abastecimento do balancim.

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE EST.06	REF.: 7.5.1
		REV.: 1	FOLHA: 4/5
SERVIÇO: MONTAGEM DE FÔRMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PERIFERIA E PROJEÇÃO DA TORRE – MÉTODO CONVENCIONAL			

Tabela – 1 – Dosagem de argamassas

Destinação (traço)	Cimento		Cal	Areia			Resina
	Cor do Saco	Quantidade		Cor do Saco	Tipo de Areia	Quantidade	
Revestimento Interno / Externo (1:1:7)	Amarelo	4 sacos amarelos (dosador h = 23,5 cm) ou 1 saco preto (33 Kg)	1 saco (15Kg)	Ráfia com Tarja Preta	Fina especial	8 sacos	-
Assentamento (1:1,5:7,5)	Amarelo	1 saco amarelo (dosador h = 23,5 cm)	1 saco (5,5Kg)	Ráfia com Tarja Preta	Fina especial	2 sacos	-
Contrapiso (1:5)	Azul	1 saco azul (dosador h = 35 cm)	-	Ráfia com Tarja Azul	Média	2 sacos	-
Contrapiso Polimérico (1:3)	Amarelo e Azul	1 saco amarelo (dosador h = 23,5 cm) + 1 saco azul (dosador h = 35 cm)	-	Ráfia com Tarja Preta	Fina especial	2 sacos	3 litros de resina acrílica Baucryl 5000 + água até obter a consistência desejada (ver PE.IMP.02)
Chapisco (1:3)	Amarelo e Azul	1 saco amarelo (dosador h = 23,5 cm) + 1 saco azul (dosador h = 35 cm)	-	Ráfia com Tarja Azul	Média	2 sacos	Solução 1:6 de resina PVA e água, de acordo com a consistência desejada

Observação: Para utilização no canteiro, utilizar as tabelas **ilustradas** (em anexo [no Autodoc](#))

Obs.: No caso de contratação do tipo empreitada global (sistema), qualquer alteração em relação ao procedimento, deverá ser aprovada pelo Departamento da Qualidade e incluso no Plano de Qualidade da Obra (PQO).

	PROCEDIMENTO EXECUTIVO	PE.EST.06	REF.: 7.5.1
		REV.: 1	FOLHA: 5/5
SERVIÇO: MONTAGEM DE FÓRMA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO PARA PERIFERIA E PROJEÇÃO DA TORRE – MÉTODO CONVENCIONAL			

6. FORNECEDORES DE REFERÊNCIA

	FORNECEDORES DE REFERÊNCIA
EQUIPAMENTOS	
MATERIAIS	
SERVIÇOS	

Os fornecedores descritos no item 6 são referências para facilitar o planejamento da obra, uma vez que foram aprovados tecnicamente através de desenvolvimento ou desempenho comprovado ao longo do tempo, não sendo obrigatória a sua aquisição ou contratação. No caso de outros fornecedores, confirmar a aprovação técnica com o Departamento da Qualidade e Desenvolvimento Tecnológico e / ou Suprimentos.

7. TABELA DE APROVAÇÃO DE SERVIÇOS (FOR.EST.06)

ANEXO 6

Tabela de Aprovação dos serviços – Registro das Medidas de Conferência de Gastalhos – Fonte: Cyrela Brazil Realty

ANEXO 7

Tabela de Aprovação dos serviços – Montagem de Fôrmas
Armação e Concretagem para Estrutura da Periferia – Fonte: Cyrela
Brazil Realty

		TABELA DE APROVAÇÃO DE SERVIÇOS					FOR. EST. 06
							Revisão: 4
							Fl.: 1/2
SERVIÇO: MONTAGEM DE FÓRMAS / ARMAÇÃO E CONCRETAGEM PARA ESTRUTURA DE PERIFERIA		TRECHO:					
INÍCIO DO SERVIÇO: / /		RESPONSÁVEL:					
ACEITAÇÃO		AMOSTRA	COMO CONFERIR?	TOLERANCIA	APROVAÇÃO	DATA	VISTO
Parte 1: Pilares							
LIBERAÇÃO PARA CONCRETAGEM							
1.	Transporte dos eixos até o trecho a ser concretado	100%	trena	± 2 mm	☺		
2.	Vinculação entre eixos (esquadro, etc.)	100%	trena	± 1 mm	☺		
3.	Locação dos gualthos	100%	trena	± 3 mm	☺		
4.	Transporte do nível nas grades / pontalões / guia	100%	nível alemão / nível laser	± 3 mm	☺		
5.	Armação dos pilares - quantidade, bitola, posição e dimensão da armação / espaçadores para cobrimento	100%	visual / conforme projeto	-	☺		
6.	Barra de aço do pára-raio: estão no local e nas quantidades indicadas no Projeto de Elétrica?	100%	visual / conforme projeto	-	☺		
7.	Junção entre os painéis dos pilares	50%	visual	sem frestas	☺		
8.	Posicionamento e aperto das barras de ancoragem	25%	visual	sem folga	☺		
9.	Distribuição do cimbramento / escoramento	100%	visual / conforme projeto	-	☺		
10.	Transferência dos eixos para o assoalho	100%	prumo de centro	zero	☺		
11.	Conferência da locação das bocas dos pilares	100%	trena	± 3 mm	☺		
12.	Limpeza do pé do pilar	100%	visual	sem partes soltas	☺		
AUTORIZADA A CONCRETAGEM DOS PILARES ____/____/____ Visto do engenheiro _____							
ACOMPANHAMENTO DA CONCRETAGEM							
13.	Lançamento e adensamento do concreto	100%	visual	bem vibrado	☺		
14.	Cota de parada do concreto	100%	visual	1 cm acima da cota da viga	☺		
15.	Acompanhamento por baixo da laje	100%	visual / linha	durante toda a concretagem	☺		

		TABELA DE APROVAÇÃO DE SERVIÇOS						FOR EST 06
		AMOSTRA	COMO CONFERIR?	TOLERANCIA	APROVAÇÃO	DATA	VISTO	
ACEITAÇÃO Parte 2: Vigas e Lajes LIBERAÇÃO PARA CONCRETAGEM								
16.	Aplicação do desmoldante sobre laje e viga	100%	visual	em toda a superfície	☺	☺		
17.	Armação das vigas - quantidade, bitola, posição e comprimento da armação / espaçadores	100%	visual / conforme projeto	-	☺	☺		
18.	Armação das vigas - reconstrução dos estribos de pilares eventualmente cortados	100%	visual / conforme projeto	-	☺	☺		
19.	Alinhamento e nivelamento das vigas	100%	nível / galga / trena	± 2 mm	☺	☺		
20.	Armação de laje - quantidade, bitola, posição e comprimento da armação / espaçadores	100%	visual / conforme projeto	-	☺	☺		
21.	Barra de aço do pára raio: estão no local e 21. nas quantidades indicadas no Projeto de Elétrica?	100%	visual / conforme projeto	-	☺	☺		
22.	Armação de laje - posicionamento e eficiência da armadura de suportes negativos	100%	visual / conforme projeto	-	☺	☺		
23.	Armação de lajes - embutimento das instalações	100%	visual / conforme projeto	-	☺	☺		
24.	Nivelamento da laje	100%	trena de aço / galga	± 3 mm	☺	☺		
25.	Limpeza da forma / cabeça dos pilares	100%	visual	sem particuladas soltas	☺	☺		
AUTORIZADA A CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES ___/___/___ Visto do engenheiro _____								
ACOMPANHAMENTO DA CONCRETAGEM								
26.	Lançamento e adensamento do concreto	100%	visual	bem vibrado	☺	☺		
27.	Acompanhamento por baixo da laje	100%	visual	durante a concretagem	☺	☺		
28.	Sarrafeamento / desempeno	100%	visual	acabamento uniforme	☺	☺		
29.	Cura da laje	100%	visual	lâmina d'água	☺	☺		
30.	Escoras permanentes (no mínimo um jogo, ou tantos níveis quantos forem as lajes com menos de 28 dias)	100%	visual / conforme projeto	-	☺	☺		

ANEXO 8

Tabela de Aprovação dos serviços – Montagem de Fôrmas
Armação e Concretagem para Estrutura do Pavimento Tipo – Fonte:

Cyrela Brazil Realty

		TABELA DE APROVAÇÃO DE SERVIÇOS						FOR. EST. 01.02.03
								Revisão: 6 Fl.: 1/3
SERVIÇO: MONTAGEM DE FÓRMAS / ARMAÇÃO, E CONCRETAGEM DE ESTRUTURA PARA PAVIMENTO TIPO		PAVIMENTO:		RESPONSÁVEL:				
INÍCIO DO SERVIÇO: / /		TOLERÂNCIA		APROVAÇÃO		DATA		
ACEITAÇÃO		AMOSTRA		COMO CONFERIR?		VISTO		
Parte 1: Pilares								
LIBERAÇÃO PARA CONCRETAGEM								
Transporte dos eixos para testemunho da laje concretada								
1.	100%	prumo de centro	zero	😊	😊			
2.	100%	trena	± 1 mm	😊	😊			
3.	100%	trena	± 3 mm	😊	😊			
4.	100%	trena	± 2 mm	😊	😊			
5.	100%	nível alemão / nível laser	± 3 mm	😊	😊			
6.	100%	visual	conforme projeto	😊	😊			
7.	100%	visual	conforme projeto	😊	😊			
8.	50%	visual	sem frestas	😊	😊			
9.	25%	visual	sem folga	😊	😊			
10.	100%	visual	conforme projeto	😊	😊			
11.	100%	prumo de centro	zero	😊	😊			
12.	100%	trena de aço	± 3 mm	😊	😊			
13.	100%	visual	sem partes soltas	😊	😊			
ACOMPANHAMENTO DA CONCRETAGEM								
14.	100%	visual	bem vibrado	😊	😊			
15.	100%	visual	1 cm acima da cota da viga	😊	😊			
16.	100%	visual	durante a concretagem	😊	😊			

		TABELA DE APROVAÇÃO DE SERVIÇOS						FOREST_01.02.03
								Revisão: 6 Fl.: 2/3
ACEITAÇÃO	AMOSTRA	COMO CONFERIR?	TOLERANCIA	APROVAÇÃO	DATA	VISTO		
Parte 2: Vigas e Lajes								
LIBERAÇÃO PARA CONCRETAGEM								
17.	1ª montagem demais	Locação das paredes na forma de madeira	trena de aço visual	± 3 mm as linhas traçadas devem estar visíveis	☺			
18.	1ª montagem demais	Locação instalações (pontos / shafts / viradas)	trena de aço visual	± 3 mm os pontos marcados devem estar visíveis	☺			
19.	100%	Armação das vigas - quantidade, bitola, posição e comprimento da armação / espaçadores	visual	conforme projeto	☺			
20.	100%	Armação das vigas - reconstrução dos estribos de pilares eventualmente cortados	visual	conforme projeto	☺			
21.	100%	Alinhamento e nivelamento das vigas	galga / trena	± 2 mm	☺			
22.	100%	Travamentos e mãos francesas de garfos e vigas	visual	conforme projeto	☺			
23.	100%	Cimbramento (montagem, prumo, alinhamento)	visual	conforme projeto	☺			
24.	100%	Escoras permanentes (reescoras) nos pavimentos inferiores	visual	conforme projeto	☺			
25.	100%	Armação de laje - quantidade, bitola, posição e comprimento da armação / espaçadores	visual	conforme projeto	☺			
26.	100%	Barra de aço do para raio: estão no local e nas quantidades indicadas no Projeto de Elétrica?	visual	conforme projeto	☺			
27.	100%	Armação de laje - posicionamento e eficiência da armadura de suportes negativos	visual	conforme projeto	☺			
28.	100%	Armação de lajes - embutimento das instalações	visual	conforme projeto	☺			
29.	100%	Nivelamento da laje	trena de aço / galga	± 3 mm	☺			
30.	100%	Limpeza da forma / cabeça dos pilares	visual	sem particuladas soltas	☺			
AUTORIZADA A CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES _____ / _____ / _____ Visto do engenheiro _____								
ACOMPANHAMENTO DA CONCRETAGEM								
31.	100%	Lançamento e adensamento do concreto	visual	bem vibrado	☺			
32.	100%	Acompanhamento por baixo da laje	visual	durante a concretagem	☺			
33.	100%	Sarrafeamento / desempenho	visual	acabamento uniforme	☺			
34.	100%	Cura da laje	visual	lâmina d'água	☺			

ACEITAÇÃO		AMOSTRA	COMO CONFERIR?	TOLERANCIA	APROVAÇÃO	o que fazer?	DATA	VISTO		
		TABELA DE APROVAÇÃO DE SERVIÇOS							FOREST.01.02.03	
									Revisão: 6	
									Fl.: 3/3	
		Parte 3: Análise de estrutura pós-desforma								
		35. Alinhamento de vigas	100%	visual	não deve apresentar desvios significativos	☺	☺			
		36. Uniformidade da junta entre o concreto de 1ª etapa dos pilares com concreto da cabeça dos pilares	100%	visual	ausência de sujira / junta localizada de 1 a 2 cm acima do fundo da viga	☺	☺			
		37. Ocorrências de falhas de concretagem (bicheiras)	100%	visual	não apresentar bicheira	☺	☺			
		38. Escorrimento de concreto no pé do pilar de borda	100%	visual	não apresentar escorrimento significativo	☺	☺			
		39. Dente no concreto resultante de abertura de forma	100%	trena de aço	± 3 mm de dente	☺	☺			
		40. Segregação no concreto resultante de falha de vedação entre painéis	100%	visual	não apresentar segregação significativa	☺	☺			
		41. Desnivelamento superior de laje	100%	nível alemão / nível laser	± 20 mm	☺	☺			
		42. Prumo de pilares	100%	visual	não apresentar desvios visualmente significativos	☺	☺			
		43. Alinhamento de pilares (distorcimento / planicidade)	100%	visual	não apresentar desvios visualmente significativos	☺	☺			
		44. Alinhamento inferior de laje	100%	visual	não apresentar desvios visualmente significativos	☺	☺			
		OBSERVAÇÕES:								
VISTO ENGENHEIRO:										
Engenheiro										
/ /										