



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VIII – PROFESSORA MARIA DA PENHA – ARARUNA  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DOUGLAS RAMOS NOBREGA**

**CONTROLE E ACOMPANHAMENTO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO  
ARMADO PARA EDIFÍCIOS DE GRANDE PORTE: UM ESTUDO DE CASO**

**Araruna**

**2017**

**DOUGLAS RAMOS NOBREGA**

**CONTROLE E ACOMPANHAMENTO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO  
ARMADO PARA EDIFÍCIOS DE GRANDE PORTE: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil da UEPB – Campus VIII como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

**Área de concentração:** Construção Civil.

**Orientador:** Prof. Marinaldo dos Santos Junior.

**Araruna  
2017**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

N754c Nóbrega, Douglas Ramos.  
Controle e acompanhamento de estruturas em concreto armado para edifícios de grande porte: um estudo de caso [manuscrito] : / Douglas Ramos Nóbrega. - 2017.  
96 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2017.

"Orientação : Prof. Esp. Marinaldo dos Santos Junior, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Obras. 2. Estruturas. 3. Concreto.

21. ed. CDD 624.183 41

DOUGLAS RAMOS NOBREGA

**CONTROLE E ACOMPANHAMENTO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO  
ARMADO PARA EDIFÍCIOS DE GRANDE PORTE: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso de  
Engenharia Civil da UEPB – Campus VIII  
como requisito parcial para a obtenção do  
título de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Construção Civil.

Aprovada em: 14/12/2017.

**BANCA EXAMINADORA**

Marinaldo dos Santos Júnior

Prof. Marinaldo dos Santos Junior (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Loredanna Melyssa Costa de Souza

Prof. Ma. Loredanna Melyssa Costa de Souza  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Leonardo Medeiros da Costa

Prof. Me. Leonardo Medeiros da Costa  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, segundo em memória da pessoa mais especial e importante em minha vida, que sempre irei amar meu eterno pai, amigo, irmão, meu tudo.

***PAULO ANTÔNIO ROCHA NÓBREGA.***

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de começar agradecendo ao meu Deus por proporcionar saúde e condições para conclusão deste sonho.

Ao meu orientador Professor Marinaldo dos Santos Junior, por ajudar a concretizar esse trabalho. Agradeço por confiar na minha capacidade e, mais do que isso, agradeço pelos conselhos e dicas dados durante todo o período de orientação. Sua contribuição foi de extrema importância na realização desse trabalho.

Também agradeço à minha família por todo apoio e suporte durante meus estudos. Aos meus pais, Paulo Antônio Rocha Nóbrega e Maria da Guia Ramos Nóbrega, pela formação que me proporcionaram sem nunca pedir nada em troca, pela preocupação e pelo carinho. Ao meu irmão, Diego Ramos Nóbrega, por sempre acreditar no meu potencial e à minha irmã Danielle Ramos Nóbrega, minha namorada Viviane Larissa, por ter ficado ao meu lado durante todo esse tempo.

Agradeço imensamente a pessoal de Hélio Pontes Martins e José Everaldo Pontes Martins, pelo auxílio, amizade e respeito construído durante toda a graduação em Engenharia Civil.

Sou grato a todos os meus professores, em especial ao meu mestre e amigo, o Prof. Dr. Vital de Araújo Barbosa de Oliveira, por ter depositado em mim confiança, por me fazer acreditar que seria possível apesar das dificuldades, e ter contribuído imensamente para minha formação.

Também quero agradecer a toda a equipe da PLANC ENGENHARIA E INCORPORAÇÕES Ltda, por me receberem no período de estagio obrigatório.

Por fim, agradeço a todas as outras pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para esse trabalho, e que infelizmente não foram citadas aqui. Todos tiveram um papel muito importante nesta caminhada de minha vida.

A todos meu muito obrigado!!!

*“Só sei que nada sei, e o fato de saber isso,  
me coloca em vantagem sobre aqueles que  
acham que sabem alguma coisa.”  
(Sócrates)*

## RESUMO

O cenário atual da construção no Brasil mostra que a maioria das empresas ou não fazem o planejamento de suas obras ou o fazem de maneira inadequada. O canteiro de obras envolve desde a planta de arquitetura com os projetos complementares, o espaço físico do terreno, a vizinhança, os materiais e equipamentos até as pessoas envolvidas na obra. O presente trabalho tem por objetivo apresentar as particularidades no acompanhamento e controle da execução de estruturas em concreto armado para edifícios, face às restrições e limitações operacionais, maximizando os resultados de prazo 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 controle das estruturas em concreto armado. Tal conhecimento, abordado de forma analítica inicialmente, permitiu a realização do estudo de caso, onde é apresentado o gerenciamento e controle das estruturas em concreto armado. 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.

**Palavras-Chave:**Obras. Estruturas. Concreto.



## ABSTRACT

The current scenario of non-Brazilian construction shows most companies either is not planning their works or making the suitcase inadequate. The construction site involves an architectural plan with the complementary projects, the physical space of the land, a neighborhood, materials and equipment to people involved in the work. The present work has the objective of presenting as particularities without accompaniment and control of the execution of structures in reinforced concrete for buildings, in view of the restrictions and operational limitations, maximizing the results of term and quality with focus on the activities under the responsibility of the construction engineer. A bibliographical review, such as consultations with professionals in the industry and monitoring of services, without a construction site allowed a knowledge organization for the planning and control of structures in reinforced concrete. Such knowledge, initially approached analytically, allows an accomplishment of the case study, where is presentation of structures and control of structures in reinforced concrete. At the end of the paper, some recommendations for the execution of reinforced concrete structures based on the case study were briefly proposed. The set of organized information can be useful both without subsidy for the enrichment of training, improvement and change in the posture of construction professionals, as not available in decision-making and planning of new ventures.

**Keywords:** Construction. Structures. Concrete.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Esquema genérico de elementos em concreto armado Representação da influência do projeto na construção.	33
Figura 2	Fluxograma de produção das armaduras para o aço entregue em barras.	38
Figura 3	Fluxograma de produção das armaduras para o aço entregue já cortado e dobrado.	38
Figura 4	Planta e vista da fachada de uma central de processamento do aço no canteiro.	41
Figura 5	Fluxograma esquemático das etapas da concretagem.	44
Figura 6	Encaminhamento genérico das atividades desenvolvidas na pesquisa.	49
Figura 7	Localização do empreendimento Tarsila do Amaral.	51
Figura 8	Vista por Satélite.	51
Figura 9	Perspectivas – Maquete Eletrônicas.	52
Figura 10	Fachada Frontal – Torre A e B.	53
Figura 11	Locação dos bolsões, grua e cremalheiras. Definição da área de alcance da grua.	54
Figura 12	Esquema de escoramento da grua.	54
Figura 13	Corte Esquemático – Torre A e Torre B.	56
Figura 14	Croqui de Localização (ESCALA: 1/2000).	58
Figura 15	Planta Baixa do Mezanino Torre A – Layout do Canteiro de Obras.	58
Figura 16	Planta Baixa Pilotis – Layout do Canteiro de Obras.	59
Figura 17	Planta Baixa Subsolo 1 – Layout do Canteiro de Obras.	60
Figura 18	Planta Baixa do Subsolo 2 – Layout do Canteiro de Obras.	61
Figura 19	Pavimento Tipo.	64
Figura 20	Pavimento Tipo.	65
Figura 21	Projeto de fôrmas – Torre A.	67
Figura 22	Projeto de fôrmas – Torre B.	68
Figura 23	Projeto escoramento – Torre A.	69
Figura 24	Projeto escoramento – Torre B.	70
Figura 25	Esquema de escoramento lajes – Torre A.	71

Figura 26	Esquema de escoramento lajes – Torre B.	72
Figura 27	Detalhe de escoramento de laje.	73
Figura 28	Esquema de escoramento em vigas – Torre A.	73
Figura 29	Esquema de escoramento em vigas – Torre A.	74
Figura 30	Esquema de escoramento em vigas – Torre B.	75
Figura 31	Esquema de escoramento em vigas – Torre B.	76
Figura 32	Detalhe escoramento em vigas.	76
Figura 33	Detalhe escoramento em vigas.	77
Figura 34	Detalhe escoramento em vigas.	77

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Tipos de Canteiro.	30
Quadro 2	Características do concreto e do aço e as vantagens do concreto armado.	32
Quadro 3	Índices representativos e valores específicos para a produção da estrutura da obra do estudo de caso.	66
Quadro 4	Apontamento das horas trabalhadas na montagem de fôrmas da torre A.	82
Quadro 5	Apontamento das horas trabalhadas na montagem de fôrmas da torre B.	83
Quadro 6	Índices de Produtividade.	83
Quadro 7	Valores da variação das larguras das vigas internas em relação ao projeto.	85
Quadro 8	Variação do alinhamento das vigas externas em relação à linha de referência.	87
Quadro 9	Valor percentual da variação, em módulo, das seções dos pilares.	88
Quadro 10	Variação absoluta dos prumos dos pilares.	89

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIPA	Comissão Interna de Prevenção a Acidentes
EVT	Estudos de viabilidade técnico-econômica
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PS	Procedimento de Serviços
SEMOB	Superintendência Executiva de Mobilidade Urbana
STTRANS	Superintendência de Transportes e Trânsito de João Pessoa
SGQ	Sistema de Gestão de Qualidade
SIQ Const	Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras
UCE	Unidade Concedente de Estágio

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Controle de execução – 28.09.2017.

57

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.2 OBJETIVO GERAL .....	17
<b>1.2.1 Objetivos Específicos</b> .....	<b>17</b>
1.3 JUSTIFICATIVA.....	17
<b>1.3.1 A Importância do Planejamento</b> .....	<b>17</b>
<b>1.3.2 Escolha da Etapa Estrutura de Concreto Armado</b> .....	<b>18</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>19</b>
2.1 CONCEITUAÇÕES.....	19
<b>2.1.1 Projeto</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1.2 A obra</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1.3 Serviços de obra</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1.4 Etapas construtivas</b> .....	<b>21</b>
2.2 ASPECTOS GERENCIAIS DA CONSTRUÇÃO.....	22
<b>2.2.1 Instrumentos Gerenciais para o Subsetor Edificações</b> .....	<b>22</b>
2.3 GERENCIAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO .....	24
<b>2.3.1 Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ)</b> .....	<b>24</b>
2.4 MODELO DE ACOMPANHAMENTO DE OBRA .....	25
2.5 CONTROLE.....	26
<b>2.5.1 Processo de Controle</b> .....	<b>27</b>
2.6 CANTEIRO E LAYOUT DE OBRAS .....	28
<b>2.6.1 Tipos de Canteiro</b> .....	<b>29</b>
<b>2.6.2 Fases do Canteiro</b> .....	<b>30</b>
2.7 PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO .....	31
<b>2.7.1 Conceituação</b> .....	<b>31</b>
<b>2.7.2 Sistemas de Fôrmas</b> .....	<b>34</b>
<b>2.7.3 Armação</b> .....	<b>36</b>
<b>2.7.4 Concretagem</b> .....	<b>44</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>49</b>
<b>4 ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>50</b>
4.1 UNIDADE CONCEDENTE DO ESTÁGIO – UCE .....	50
4.2 LOCAL DA OBRA.....	50
4.3 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO.....	51
<b>4.3.1 Caracterização das principais restrições e limitações operacionais</b> ..	<b>55</b>
4.4 CANTEIRO DE OBRA .....	56
4.5 PLANEJAMENTO E PRODUÇÃO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO .....	62
<b>4.5.1 Caracterização da Estrutura</b> .....	<b>62</b>
<b>4.5.2 Fôrmas e escoramentos</b> .....	<b>67</b>
<b>4.5.3 Armaduras</b> .....	<b>78</b>
<b>4.5.4 Concretagem</b> .....	<b>78</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>80</b>
5.1 CANTEIRO DE OBRA.....	80
5.2 ÍNDICES REPRESENTATIVOS E VALORES ESPECÍFICOS .....	81
5.3 PAVIMENTOS AVALIADOS .....	81
5.4 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA PARA MONTAGEM DE FÔRMAS ...	82
5.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO	84
<b>5.5.1 Variações de largura das vigas internas</b> .....	<b>85</b>

5.5.2 Variações do alinhamento das vigas externas .....	86
5.5.3 Variações das seções transversais dos pilares .....	87
5.5.4 Variações dos Prumos dos Pilares.....	88
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92



## 1 INTRODUÇÃO

Estudos e métodos de acompanhamento e controle desenvolvidos para as mais diversas áreas administrativas da produção foram aprimoradas durante anos e hoje são comumente aplicados às mais diversas áreas da construção. Mas, é na construção de grande porte que estes estudos ganham destaque já que este tipo de obra necessita de atenções especiais devido a quantidade de atividades e funções.

Para Formoso (2001), deficiências no acompanhamento e controle estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor, de suas elevadas perdas e da baixa qualidade de seus produtos.

De fato, um bom acompanhamento e controle, são essenciais para melhorar a produtividade, reduzir atrasos, apresentar a melhor sequência de produção, balancear a necessidade de mão de obra para o trabalho a ser produzido e coordenar múltiplas atividades interdependentes. (BALLARD, 1994)

A melhoria do acompanhamento e controle requer que vários obstáculos da indústria da construção sejam superados, tais como:

- Gerenciamento focado no controle das falhas, ao invés de focado nos avanços; planejamento não concebido como um sistema;
- Planejamento considerado apenas como um cronograma;
- Ausência de medição do desempenho de análise;
- Correção das falhas do planejamento.

O presente trabalho expõe o acompanhamento e controle de uma obra multifamiliar de grande porte, utilizando os modelos e técnicas de planejamento e controle de obras civis voltado a concepção de estruturas de concreto armado. Onde inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico dos principais sistemas de planejamento e controle de obras. Após a revisão da literatura, expõem-se os procedimentos metodológicos e os resultados e discussões criados pelo estudo de caso no empreendimento.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O estudo tem por objetivo principal apresentar o acompanhamento e controle da execução de estruturas em concreto armado para edifícios, como também as restrições e limitações operacionais encontradas no estudo de caso.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

Além do objetivo principal, outras metas a serem alcançadas serão listadas a seguir:

- Acompanhar o trabalho de toda a equipe e desenvolvimento das atividades e frentes de produção dentro do canteiro de obras;
- Verificar a produtividade da mão de obra para montagem de fôrmas;
- Verificar as variações de largura das vigas internas;
- Verificar os alinhamentos das vigas externas;
- Verificar as variações das seções transversais dos pilares;
- Verificar as variações dos prumos dos pilares.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

### 1.3.1 A Importância do Planejamento

Tem-se que acompanhamento e controle de uma obra de grande porte são de grande importância para as empresas por vários motivos. Dentre eles o fato de gerar ao engenheiro um conhecimento prévio da obra.

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 acompanhamento e controle dos serviços.

Fachini (2005), ressalta que a indústria da construção civil tem buscado ferramentas que visam alcançar melhorias no seu processo de produção. Assim, o

acompanhamento da produção tem sido fundamental para antecipar problemas advindos das mais diversas áreas.

Para Formoso (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 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 acompanhamento e controle são importantes os conhecimentos antecipados sobre todo o processo construtivo, assim como o domínio da tecnologia a ser empregada.

### **1.3.2 Escolha da Etapa Estrutura de Concreto Armado**

A utilização do concreto armado para execução de estruturas para edifícios é extremamente frequente 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.

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.

Para Assumpção (1988), uma das causas que interfere na evolução dos sistemas de planejamento e controle 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.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 CONCEITUAÇÕES

Existem várias definições para acompanhamento, para Varalla (2003), o define como um processo de previsão de decisões que envolvem o estabelecimento de metas e a definição dos recursos necessários para atingi-las.

O processo de acompanhamento 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 acompanhamento;
- Definição dos recursos necessários para realização do acompanhamento, estabelecendo quais serão as técnicas e ferramentas a serem utilizadas para executar o planejamento.

Formoso (2001), define o acompanhamento 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.

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

#### 2.1.1 Projeto

Projeto é a concretização de uma ideia concebida, fundamentada em parâmetros pré-estabelecidos e organizada segundo planos ou passos concretos e racionalizados, que concorrem para a realização daquele objetivo original.

Dentro dessa visão projeto é sinônimo de empreendimento e passa por duas fases básicas: concepção e construção.

Na engenharia, o empreendimento tem sua fase de concepção descrita e ordenada em desenhos, plantas, memoriais descritivos, especificações técnicas, orçamentos, cronogramas, maquetes ou modelos reduzidos e outros elementos e detalhes complementares. Nesta fase o projeto passa por processos bastante distintos que envolvem como atividades principais:

- Estudos de viabilidade técnico-econômica – EVTE;
- Estudos preliminares ou projeto preliminar;
- Desenvolvimento do projeto-base ou projeto básico;
- Desenvolvimento do projeto definitivo;
- Desenvolvimento do projeto executivo.

### **2.1.2 A obra**

A fase de construção, execução ou produção, que se segue logo que se tem o desenvolvimento do projeto executivo é a da construção, cuja atividade principal é a de tornar concretos os planos pré-estabelecidos constantes dos desenhos e plantas, obedecendo-se as especificações, detalhes, memoriais, cronogramas, previsões de prazos e de custos e buscando-se um bom padrão de qualidade nos resultados finais do produto. A esta atividade chama-se comumente obra.

A obra é, portanto, o conjunto de atividades de construção, com emprego de materiais, mão-de-obra especializada, ferramentas e equipamentos específicos, desenvolvido no espaço físico denominado canteiro de obras, planejado racionalmente para possibilitar a materialização daquele projeto específico.

### **2.1.3 Serviços de obra**

São as tarefas ou atividades mínimas e isoladas que geram produtos ou resultados mínimos e auxiliares a outros. Podem ser citados, como exemplos:

- Execução de Formas para Pilares, Vigas e Lajes;
- Armação para convecção de Pilares, Vigas e Lajes;

- Concretagem de Pilares, Vigas e Lajes.

#### 2.1.4 Etapas construtivas

São os conjuntos de serviços de obra, interdependentes e que se complementam definindo elementos que dão características definitivas à obra, os quais, depois de concluídos, permitem o início de uma nova etapa construtiva. Este é o caso da superestrutura, composta de serviços como forma (corte, montagem e colocação), armação (corte, montagem e colocação), concretagem (lançamento e cura) e desforma, etapa esta que somente pode ser executada após o término parcial ou total da infraestrutura.

Em uma obra de edificação, as etapas construtivas mais comuns, salvo o caso de edificações especiais, podem ser conforme relacionadas a seguir:

- |                                                           |                                             |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1. Serviços Preliminares                                  | 11. Esquadrias                              |
| 2. Instalação E Locação Da Obra                           | 12. Revestimentos De Paredes                |
| 3. Infraestrutura Ou Fundações                            | 13. Revestimentos De Pisos Ou Pavimentações |
| 4. <b>Superestrutura, Supra Estrutura Ou Estrutura</b>    | 14. Ferragens                               |
| 5. Alvenaria                                              | 15. Vidros                                  |
| 6. Tratamentos – Térmicos, Acústicos E Impermeabilizações | 16. Pintura                                 |
| 7. Cobertura                                              | 17. Paisagismo                              |
| 8. Instalações Elétricas E De Telefone                    | 18. Instalações Mecânicas                   |
| 9. Instalações Hidro Sanitárias                           | 19. Testes                                  |
| 10. Aparelhos E Metais Sanitários                         | 20. Diversos e Limpezas                     |

Onde este estudo está voltado para análise do planejamento e controle da superestrutura em concreto armado.

## 2.2 ASPECTOS GERENCIAIS DA CONSTRUÇÃO

Muito dos problemas relacionados à construção civil surge através da falta de visão de um Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ), auxiliados por procedimentos de serviço que buscam contribuir para um processo de melhoria contínua da empresa. (SUMIDA, 2005)

Conforme Mendonça (2010), o gerenciamento é a forma de definir a atingir objetivos, otimizando o uso de recursos como tempo, dinheiro, pessoas, materiais, energia e espaço. O gerenciamento de obra é normalmente o campo e responsabilidade de um gerente de projeto individual, normalmente um engenheiro.

É importante a integração entre todos os projetos, sendo eles: arquitetônico, estrutural, hidráulico, elétrico, gás, paisagismo entre outros. O processo gerencial deve abranger todos os projetos referentes à obra a ser executada, para que haja compatibilidade, tanto de plantas como de execução, proporcionando planejamento mais eficaz com a consequente diminuição do desperdício e do retrabalho.

Segundo Nocêra (2006), um projeto é construído por cinco fases distintas, que compõem o ciclo de vida do mesmo, que são: Iniciação, planejamento, controle, execução e finalização.

Segundo Sumida (2005), destaca que o principal benefício do tratamento das informações dos PS (Procedimento de serviço), para os profissionais da engenharia civil é a melhora na comunicação das diversas partes envolvidas num projeto de construção, fazendo com que melhores produtos sejam desenvolvidos a custos mais baixos.

### 2.2.1 Instrumentos Gerenciais para o Subsetor Edificações

A elevada concorrência impõe as empresas uma pressão pela busca das melhores práticas de gerenciamento, desta forma Nascimento (2004) afirma que existe a necessidade das companhias do setor da construção civil de se tornarem mais eficientes.

O gerenciamento da qualidade de um empreendimento, segundo Leite (2000) pode ser considerado como um sistema decomposto em fases que são normalmente interdependentes. Estas fases podem ser definidas como: a estratégia, o planejamento e a produção.

#### 2.2.1.1 Estratégia

Para Sumida (2005), estratégia é “a arte de utilizar informações que aparecem na ação, de integrá-las, de formular esquemas de ação e de estar apto para reunir o máximo de certezas para enfrentar incertezas”.

Definindo-se assim a estratégia como sendo o desenvolvimento de uma fórmula ampla para o modo como uma empresa irá competir, quais deveriam ser as suas metas e quais as políticas necessárias para se levarem estas metas. A estratégia é essencial para o posicionamento da empresa construtora, tanto em aspectos de concorrência, quanto para criar um diferencial competitivo.

#### 2.2.1.2 Planejamento

O planejamento segundo Sumida (2005), “pode ser dividido em três níveis: estratégico, tático e operacional, correspondentes a níveis hierárquicos e aos diversos estágios no processo de tomada de decisões”. O nível estratégico é aquele em que a diretoria planeja em longo prazo os objetivos da organização. O nível tático mostra os recursos e suas limitações para que as metas sejam alcançadas, incluindo-se sua organização e a estruturação do trabalho. Finalmente, o nível operacional, referente às ações com que os objetivos serão alcançados.

Contextualizando o planejamento tático, Neves (1998) fala que o planejamento é iniciado com um projeto bem definido e detalhado através de um memorial descritivo, com as especificações de acabamento e normas de execução.

Segundo Baú & Mendes Júnior (2002), o planejamento desempenha um papel fundamental de manter o processo de gerenciamento de ocorrências do canteiro,



informando o gerenciador de “necessidades” de forma antecipada, propiciando a tomada de decisões e solução dos pré-requisitos das atividades programadas.

### 2.2.1.3 Produção

Segundo Sumida (2005), as características da construção civil como, baixa produtividade, alto custo da construção, mão-de-obra desqualificada, incerteza quanto a prazo e à qualidade do produto final, vem recebendo cada vez mais críticas quanto ao modo de gerenciamento do processo.

Por décadas o subsetor edificações preocupou-se apenas em gerenciar funções, deixando de lado o gerenciamento dos seus processos construtivos (LIMA, 1998). Dessa forma, o autor afirma que a maneira mais simples de obter vantagens nesse mercado cada vez mais competitivo, é gerenciar o processo produtivo fácil de ser compreendido em canteiro.

Para que o planejamento funcione como um instrumento gerencial, tem que haver o controle administrativo da obra. É o caso dos PS, que atuam no controle da produção, gerando dados passíveis de comparação com o planejamento.

## 2.3 GERENCIAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO

Os sistemas de indicadores se apresentam como instrumento para um efetivo gerenciamento das atividades construtivas, auxiliando o SGQ (Sistema de Gestão de Qualidade) e conseqüentemente o processo de melhoria contínua.

### 2.3.1 Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ)

Os sistemas da qualidade definidos na série de Normas ABNT NBR ISO 9000 têm aplicação universal. Exatamente por essa razão estas Normas são genéricas e necessitam de adaptações e maior detalhamento em função do setor industrial em questão.

Na construção civil, o fundamental de um sistema da qualidade não é seguir rigidamente os requisitos das Normas ISO, e sim, demonstrar o atendimento a eles, desenvolvendo sistemas da qualidade adequados ao setor de construção civil. (SOUZA, 1997)

Os conceitos das normas ISO 9000 foram incorporados pelo PBQP-H e discriminados pelo SIQ Construtoras (Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras).

## 2.4 MODELO DE ACOMPANHAMENTO DE OBRA

Cada empresa reveste-se de características próprias, que as distinguem das demais, porém, alguns parâmetros são idênticos para todas, o que possibilita a implantação de um modelo.

Segundo Sumida (2005), métodos de avaliação da eficácia da empresa com base na melhoria da eficiência do processo pressupõe que o modelo de acompanhamento deva atender a alguns princípios:

- Consistência com os objetivos gerenciais: condição para que o modelo de acompanhamento resulte em dados que avaliem a posição da empresa confrontando o planejado com o realizado e, assim, fornecendo subsídios para um processo de melhoria contínua.
- Medição de atividades significativas: parâmetro em que a metodologia de acompanhamento deve ser estabelecida, para fornecer informações relativas às causas dos problemas e permitir a intervenção para melhoria.

Esses dois princípios, associados ao planejamento e controle da produção no canteiro de obra, consistem em importante ferramenta gerencial para a tomada de decisões e avaliação do processo produtivo. As medidas estabelecidas devem, portanto, estar relacionadas a atividades, a processos críticos.

O gerenciamento de uma organização implica detectar consequências não desejadas, analisá-las identificando falhas e agir intervindo para melhorar os resultados. (SUMIDA, 2005)

Cada passo na aplicação do modelo de acompanhamento de obra está ligado à tomada de decisões táticas ou operacionais que originam dos principais fatores intervenientes na programação da construção.

Quando se efetiva o cronograma de execução da obra, ocorrem fatos que alteram o bom andamento da construção, forçando readequação e replanejamento para absorver as mudanças sofridas.

## 2.5 CONTROLE

O sistema Acompanhamento/Controle pode ser representado de maneira resumida pelo ciclo sequencial de quatro etapas que se repetem:

- Medições periódicas, tendo-se em vista as previsões originais;
- Comparações entre previsto e (real) medido;
- Análise das variações entre previsto e executado;
- Conclusões e tomadas de medidas corretivas, se necessário.

O acompanhamento físico de uma obra é a identificação das atividades em andamento da obra e a atualização do cronograma. Segundo Mattos (2010), alguns fatores fazem com que seja importante o acompanhamento das atividades contínuo:

- As atividades nem sempre se iniciam na data prevista;
- As atividades nem sempre são concluídas na data prevista;
- Ocorrem alterações nos projetos;
- A produtividade prevista nem sempre é igual a real, alterando o prazo das atividades ou demandando mais recursos de mão de obra;
- Mudança de plano de ataque, sequência executiva ou método construtivo da obra ou de parte dela;
- Ocorrência de fatores como chuvas e cheias além do previsto;

- Ocorrência de fatores imprevisíveis como greves, paralisações, acidentes, falta de recursos financeiros;
- Atrasos em fornecimento de materiais.

O gerenciamento e controle são atividades interligadas e interdependentes e não se desenvolvem sequencialmente, mas se sobrepõem no tempo.

### 2.5.1 Processo de Controle

O processo do controle de um projeto deve envolver três conjuntos de decisões:

- Como monitorar o projeto para verificar a sua evolução;
- Como avaliar o desempenho do projeto, ao comparar as informações coletadas no monitoramento com as do planejamento;
- Como intervir no projeto para que este volte a seguir o planejamento.

#### 2.5.1.1 Monitoramento do projeto

O monitoramento do projeto é usualmente realizado na construção civil em períodos de uma semana, uma quinzena, ou um mês. Um controle eficaz deve analisar a obra sob os aspectos técnicos, financeiros, econômicos, físicos ou gerencias.

Segundo Mattos (2010), para aferir o progresso das atividades, a apropriação do avanço das atividades pode ser feita de distintas maneiras:

- Por unidades físicas, ou as unidades de trabalho, sendo que a quantidade realizada pode ser aferida de maneira exata no campo. Unidades como  $m^2$ ,  $m^3$ , kg, peça, apartamento; exemplificam esse tipo de unidade. É a maneira mais correta de aferir os serviços;
- Por percentual, quando a atividade não é facilmente mensurável e não há uma estrutura analítica da atividade bem clara. Um exemplo disso é quando é dada uma verba para instalações hidráulicas de um edifício. Nesse exemplo será

necessária a divisão de pesos em percentuais para cada sub atividade deste item;

- Por data, quando a atividade se baseia em prazo de entrega, tendo como exemplo os equipamentos pesados da obra, como retroescavadeira, por exemplo.

#### 2.5.1.2 Intervenção para mudar o projeto

As intervenções podem ser necessárias quando o projeto estiver visivelmente fora de controle, ou seja, quando o custo, o tempo e a qualidade projetados para as atividades estiverem fora do planejado. (SLACK, 2002)

É importante que sejam envolvidas todas as pessoas responsáveis pelo descumprimento do planejado, de acordo o tipo de intervenção a ser realizada, tendo em vista que uma mudança em uma parte do projeto vai surtir efeitos em outros lugares. (SLACK, 2002)

## 2.6 CANTEIRO E LAYOUT DE OBRAS

Pode-se definir canteiro de obras como sendo o local da obra onde serão construídas, suas instalações de ferramentas e equipamentos necessários para a execução dos serviços a serem realizados na obra.

Para projetar o canteiro de obras é necessário basicamente, definir as posições dos elementos a ser consideradas durante as fases da obra, como a periculosidade e também priorizar estas fases para que possa haver melhor aproveitamento do tempo e espaço no canteiro.

No entender de Salgado:

O canteiro de obras, por mais simples que seja, é o local onde são executados todos os trabalhos intermediários e preparativos da obra, além de ser destinado aos depósitos de materiais e, muitas das vezes, a construção das instalações operacionais (escritórios, almoxarifados etc.) e de convivência (refeitório, área de lazer etc.). (SALGADO, 2009, p.19).

Segundo Trotta (2001), o grupo das “áreas de vivência” é um dos mais fiscalizados pelo ministério do trabalho, pois ele é responsável por garantir as boas

condições humanas para o trabalho. Além disso, tal importância também é considerada, pois se sabe da influência do bem-estar do trabalhador e sua produtividade além de diminuir a chance de quaisquer acidentes.

Entende-se por layout do canteiro de obras como sendo a área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolve operações de apoio e execução de uma obra, segunda a norma NR-18 (regulamentadora número 18).

Para Tamaki (2000), a organização no canteiro de obras deve ser observada a partir de quatro princípios básicos:

- Disciplina e conscientização dos operários: conhecimento que todos devem ter em relação ao processo de trabalho e à melhoria de seu desempenho e especialização;
- Programação das atividades: otimização do fluxo de materiais e do uso dos equipamentos, a fim de evitar desperdícios e integrá-los logisticamente à obra;
- Organização do trabalho: respeito ao ritmo fisiológico do trabalhador e às regras das jornadas de trabalho; distribuição das atividades ao longo do dia, de modo que os serviços mais arriscados sejam realizados no início de cada jornada;
- Hierarquização da obra: divisão e definição das responsabilidades e autoridades.

Os canteiros de obras vão se alterando conforme a execução das obras, em função dos materiais, dos serviços a serem executados, dos equipamentos disponíveis e da mão de obra alocada nos serviços.

### **2.6.1 Tipos de Canteiro**

De acordo com Illingworth (1993), os canteiros de obra podem ser enquadrados dentro de um dos três seguintes tipos: restritos, amplos e longos e estreitos. No Quadro 1 é caracterizado cada um destes tipos.

**Quadro 1** - Tipos de canteiro.

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>
Restritos	A construção ocupa o terreno completo ou uma alta percentagem deste. Acesso restritos.
Amplios	A construção ocupa somente uma parcela relativamente pequena do terreno. Há disponibilidade de acessos para veículos e de espaço para as áreas de armazenamento e acomodação de pessoal.
Longos e Estreitos	São restritos em apenas uma das dimensões, com possibilidade de acesso em poucos pontos do canteiro.

**Fonte** - Adaptado de Illingworth (1993).

Tais descrições são importantes para se ter uma boa implantação do canteiro e que estejam baseados na economia de movimentos, com fluxos que diminuam o transporte de máquinas, materiais e operários e que esse fluxo seja bem direcionado, ou seja, direcionando o fluxo da produção para o produto acabado. Assim como tenha um layout flexível já que existem várias mudanças conforme cada fase da obra.

## 2.6.2 Fases do Canteiro

O canteiro de obras se modifica conforme a obra avança e dessa forma é interessante que seja subdividida em suas principais fases para melhorar seu gerenciamento e controle.

### 2.6.2.1 Fase inicial

A fase inicial conta com a preparação do terreno, é feita a limpeza do terreno retirando todos os entulhos e obstáculos para a construção. Os mesmos devem ser removidos e destinados a um local apropriado. Logo também é feita a retirada da vegetação, inclusive da camada vegetal do solo que são cerca de 20 cm e pode ser executado com ferramentas manuais como enxada ou equipamentos como tratores com lâminas quando a área é mais extensa.

A remoção dessa camada é importante porque pode comprometer a estabilidade da base de aterros ou de pisos. “Na remoção de árvores, é preciso

verificar com antecedência o procedimento com os órgãos florestais competentes”. (SALGADO, 2009)

#### 2.6.2.2 Fase intermediária

A fase intermediária conta com a implantação da obra ou da torre, onde é feita a locação da obra e iniciam os serviços de execução do projeto do edifício propriamente dito. É a fase caracterizada pelo grande volume de serviços e atividades como fundações, estrutura, cobertura, instalações e pavimentação. Com isso tem a entrada dos equipamentos de grande porte para execução dos serviços.

#### 2.6.2.3 Fase de encerramento

Na fase de encerramento, o canteiro vai sendo desmontado para dar lugar a obra pronta. Mas ainda existem grandes diversidades de serviços de acabamentos como revestimentos e pinturas a serem executados e esses serviços geralmente demandam um tempo maior para acabamento.

Conforme a obra vai sendo finalizada, tudo que era provisório vai sendo substituído pelo definitivo, entrando assim em uma fase de desmobilização.

Com a finalização da obra deve ser feita a vistoria final, que é o momento em que são feitas as verificações finais do serviço executado para que a obra seja entregue ao cliente, devendo corrigir imediatamente os problemas que forem ainda nesta etapa encontrados.

## 2.7 PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO

### 2.7.1 Conceituação

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 & 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.

Barros & Melhado (2006), propõe o Quadro 2 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:

**Quadro 2** - Características do concreto e do aço e as vantagens do concreto armado.

Concreto	Aço	Concreto Armado
Boa resistência à compressão	Resistência a tração	Versatilidade
Meio Alcalino	Necessita Proteção	Durabilidade
Rigidez	Esbeltes	Economia

**Fonte** - Barros e Melhado (2006).

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 & MELHADO, 2006)

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.

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 1 mostra esse esquema, ajudando a perceber como estes serviços estão distribuídos.

**Figura 1** – Esquema genérico da produção de elementos em concreto armado.



Fonte - Freire (2001).

## 2.7.2 Sistemas de Fôrmas

### 2.7.2.1 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.

### 2.7.2.2 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. As 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;
- Estanqueidade: visando evitar a perda de água e de finos de cimento durante a cura;
- Economia: as fôrmas devem ser projetadas e construídas visando à simplicidade, permitindo fácil desforma e reaproveitamento.
- 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.

#### 2.7.2.3 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;
- 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;
  - Vigamento: peças horizontais que absorvem os esforços verticais;

- Travamento: peças verticais ou horizontais que absorvem esforços horizontais;
- Mão-francesa: peças inclinadas para contenção horizontal.

#### 2.7.2.4 Mão de Obra

Fachini (2005), relata que devido à complexidade do serviço de fôrmas, esta 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.

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.

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.

#### 2.7.3 Armação

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

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.

Por este motivo, a tecnologia de produção nas obras ainda é baseada em um 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)

Segundo Freire (2001), para facilitar o entendimento das atividades envolvidas na etapa da armação, serão apresentadas as definições adotadas:

- 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 sequência 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.

### 2.7.3.1 Processo de Execução da Armação

Independentemente 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 na obra.

A Figura 2 e 3 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 2** - Fluxograma de produção das armaduras para o aço entregue em barras.



Fonte - Adaptado de Fachini (2005).

**Figura 3** - Fluxograma de produção das armaduras para o aço entregue já cortado e dobrado.



Fonte - Adaptado de Fachini (2005).

### (a) 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.

### (b) 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.



### (c) Recebimento de 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.

### (d) 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 sequência de sua utilização. No caso da utilização do aço cortado e dobrado é conveniente a organização das peças de acordo com a sequência 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 & MELHADO, 2006)

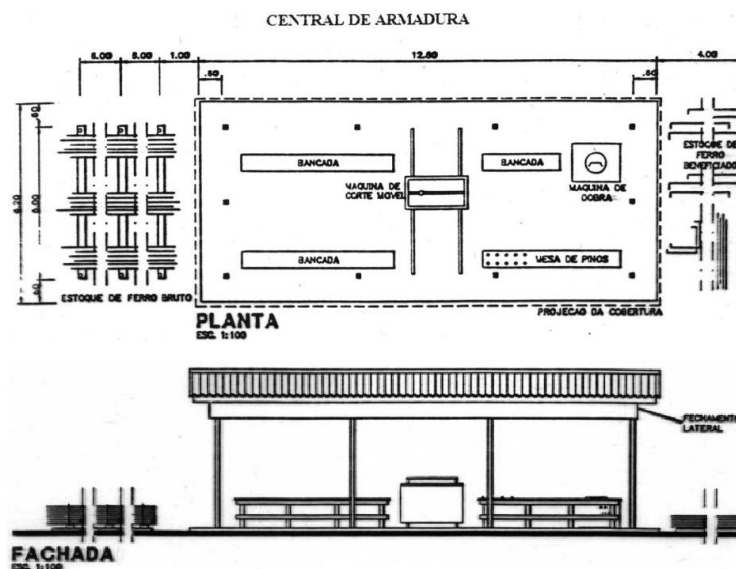
### (e) Processamento

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 4.

**Figura 4** - Planta e vista da fachada de uma central de processamento do aço no canteiro.



Fonte - Barros & 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.

### 2.7.3.2 Etapas da execução da armação

Conforme fluxograma apresentado anteriormente na figura 4 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.

#### (a) 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 poli corte ou talhadeira.

Os tesourões são utilizados quando as barras tiverem diâmetros inferiores ou iguais a  $16\text{mm}$ . As talhadeiras são utilizadas quando os diâmetros forem inferiores a  $6,3\text{mm}$  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.

#### (b) Dobra das barras longitudinais e transversais

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  $5\text{cm}$ ), nela geralmente são fixados diversos pinos que auxiliam na dobra das peças. (BARROS & MELHADO, 2006)

#### (c) 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 & 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 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.

#### (d) 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 sejam reconstituídos. 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.

Após a realização da montagem todo o serviço deve ser conferido de acordo com o projeto.

#### 2.7.3.3 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 frequente 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.

## 2.7.4 Concretagem

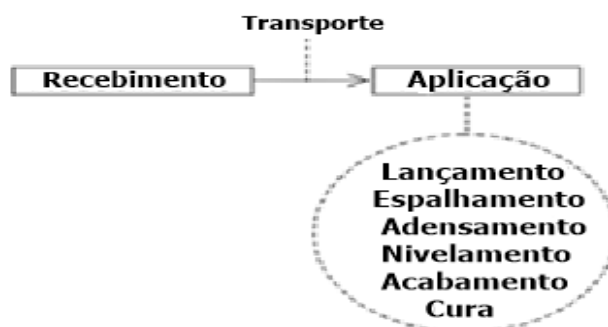
A concretagem representa a última etapa do ciclo de execução da estrutura. Esta etapa necessita de uma boa gestão e um bom planejamento em todos os fatores que interferem em sua execução, embora ela tenha uma duração inferior quando comparada a outros serviços da estrutura. (FACHINI, 2005)

Segundo Fachini (2005), será descrito o processo de concretagem desde o recebimento até sua cura.

### 2.7.4.1 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 5 exemplifica um fluxograma esquemático com as etapas envolvidas na execução da concretagem.

**Figura 5** - 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.

#### (a) 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, deve conferir os seguintes itens:

- 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.

#### (b) 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, jérica, 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.

### (c) Aplicação

(i) 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).

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

- Tempo e altura de lançamento: segundo Sussekind (1984) *apud* Freire (2001), o concreto deverá ser lançado após o amassamento, não sendo permitido entre o fim deste e o lançamento, intervalo superior há 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.

(ii) 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.

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

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

(iv) 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)

(v) 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 (contra piso) 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 contra piso.



(vi) Cura: 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), 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;
- 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.

#### 2.7.4.2 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.

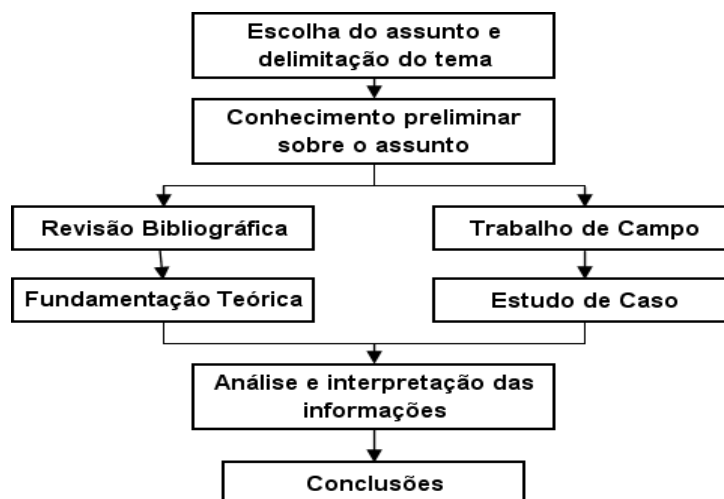
Esta etapa pode ser executada com mão de obra própria ou subcontratada. A sua contratação pode ser feita juntamente com os serviços de fôrma e armação, ou separadamente. De um modo geral, os preços são acertados por metro cúbico de concreto conforme os quantitativos de projeto.

### 3 METODOLOGIA

O método de pesquisa empregado pode ser apresentado em três etapas. A primeira, compreendeu na realização de uma pesquisa e revisão bibliográfica. Essa primeira etapa teve como propósito a avaliação de ferramentas que pudessem ser utilizadas na análise das atividades de canteiro e layout de obras, sistemas de formas, armação e concretagem de peças estruturais. A segunda etapa consistiu na realização do estudo de caso para investigar a execução e acompanhamento das atividades, buscando assim identificar como elas se desenvolviam no canteiro de obras. Na terceira etapa os dados obtidos foram analisados e discutidos e foi feito o desenvolvimento e conclusão deste estudo.

Paralelamente a estas atividades, foi desenvolvido o estudo de caso na obra em que o autor atua como estagiário e encarregado da estrutura. Com as informações levantadas e com base no estudo de caso, foram apresentadas as particularidades no planejamento e execução de estruturas em concreto armado.

**Figura 6** - Encaminhamento genérico das atividades desenvolvidas na pesquisa.



**Fonte** - Freire (2001).

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.

## 4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso apresentado foi realizado no empreendimento em que o autor deste trabalho atua como um dos estagiários no Tarsila do Amaral.

### 4.1 UNIDADE CONCEDENTE DO ESTÁGIO – UCE

A PLANC Engenharia e Incorporações é uma construtora que atua no mercado da construção civil desde 1987, e assim que foi criada ela preserva, em todos os seus empreendimentos, um padrão de qualidade que se inicia na escolha do terreno e vai até a entrega final aos seus clientes.

A empresa constrói e já construiu em João Pessoa (PB), Natal (RN), Campina Grande (PB), Caruaru (PE), Mossoró (RN) e São Luís (MA). Até abril de 2014 foram entregues 74 obras residenciais. Os últimos lançamentos da empresa foram Avenida Shopping & Offices, DCT – Duo Corporate Towers, Residencial Vincent Van Gogh, Tarsila do Amaral, estas ainda em fase de construção.

### 4.2 LOCAL DA OBRA

A cidade de João Pessoa é um município brasileiro, capital e principal centro financeiro e econômico do estado da Paraíba. Com população estimada em 2017 de 811.598 habitantes, é a oitava cidade mais populosa da Região Nordeste e a 23ª do Brasil.

João Pessoa passa por uma intensa expansão imobiliária. A cidade é um verdadeiro canteiro de obras com destaque ao grande número de empreendimentos do segmento empresarial e residencial sendo erguidos. Há prédios e arranha-céus de altíssimo luxo sendo construídos, João Pessoa já é considerada a capital do Nordeste com maior número de arranha-céus e a quarta capital mais verticalizada do Brasil, sendo proporcionalmente a mais verticalizada.

O Jardim Luna é um bairro de João Pessoa, com grande valorização nos últimos anos tendo recebido cada vez mais empreendimentos de alto padrão. Perto de colégios, hospitais supermercados, bares, restaurantes, farmácias, shoppings, a poucos minutos da praia. Acessível pela BR 230 e Ruy Carneiro, próximo a grandes corredores de tráfego.

A Figura 7 e 8 trazem a localização do empreendimento Tarsila do Amaral, localizando-se numa parte privilegiada do Jardim Luna, a obra encontra-se na Rua Custódio Domingos dos Santos, número 161 – Jardim Luna – João Pessoa/PB.

**Figura 7 - Localização do empreendimento Tarsila do Amaral.**



**Fonte - Google Maps.**

**Figura 8 - Vista por Satélite.**



**Fonte - Google Earth Pro (7°06'.17"S / 34°50'.17"S O, elev. 35 m).**

### 4.3 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento Tarsila do Amaral possui 42.155,04 m<sup>2</sup> de área construída, é composto por duas torres com 44 pavimentos, sendo 03 pavimentos subsolo; 1 pilotis; 1 mezanino; 37 pavimentos tipo e 02 pavimentos para cobertura duplex. Serão um total de 114 unidades, uma vez que uma torre será composta por apenas um apartamento por andar (37 apartamentos mais a cobertura duplex) e a outra torre, composta por 2 apartamentos por andar (74 apartamentos tipo e 2 coberturas duplex).

A Figura 9, traz a perspectiva da edificação que possui mais de 30 itens de lazer, dentre eles estão: redário, playground, mini quadra poliesportiva, streetball, speedball, apoio com churrasqueira e forno de pizza, piscinas adulto e infantil, bar molhado, salão de festas, praça salão de festas, salão de gala, espaço gourmet, espaço mulher, spa, brinquedoteca, fitness, salão de jogos, playbar, etc.

**Figura 9** - Perspectivas – Maquete Eletrônicas.



**Fonte** - PLANC.

Pode-se notar que a torre à esquerda é a que possui um apartamento por andar e a torre da direita, possui os dois apartamentos por andar.

A construção iniciou-se em agosto de 2014, possui um prazo de execução de 50 meses, com isso, tem data de entrega para outubro de 2018. No momento, a obra encontra-se em diferentes etapas, conclusão da infraestrutura, estrutura, execução de alvenaria, contra piso, reboco e início da parte elétrica e revestimento interno.

A Figura 10 traz o método utilizado para a construção do edifício Tarsila do Amaral que é caracterizado como um método convencional, ou seja, em concreto armado para as estruturas e em blocos cerâmicos para as vedações internas e externas.

**Figura 10** - Fachada Frontal – Torre A e B.



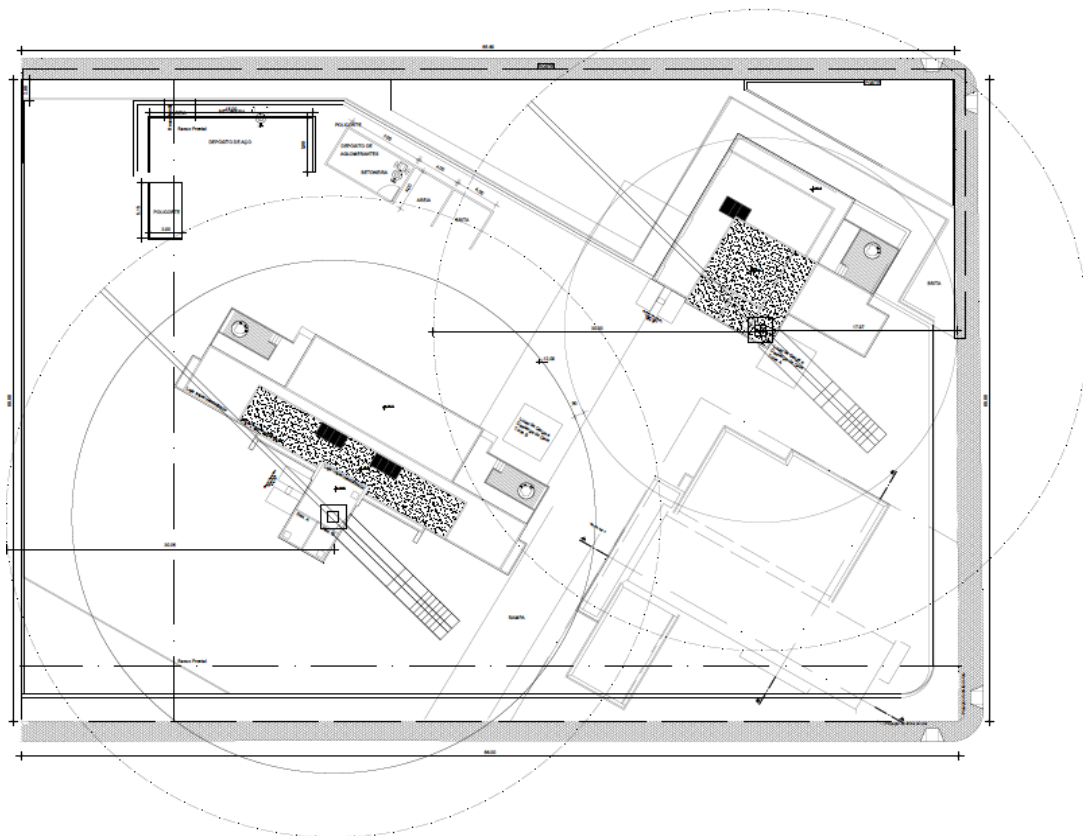
**Fonte** - Autor.

- **Dados adicionais:**

Alguns valores do empreendimento estudado:

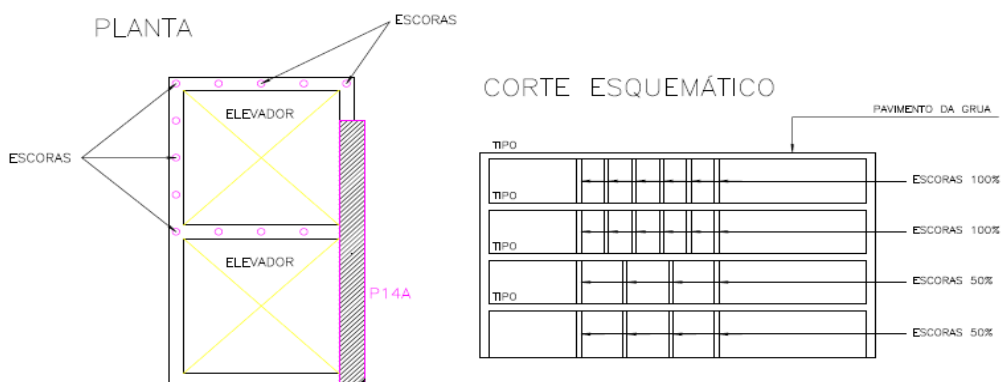
- Para início das atividades no canteiro de obra foi necessária a demolição de residências existente no terreno. Estas atividades iniciaram 02 meses antes do prazo da obra e também foi necessária a execução de solo grampeado nas paredes ao redor do empreendimento para prosseguir com a escavação;
- Volume de Concreto Total: 9.851,50 m<sup>3</sup>;
- Peso Total de Aço CA 24,40,50 e 60: 930.966,75 kg;
- Volume de escavação mecânica: 37.000 m<sup>3</sup>;
- Execução da estrutura com mão de obra própria;
- Equipamentos para execução da obra: foi previsto em orçamento de 50 meses a utilização de 02 grua com comprimento útil de lança de 30 metros, capacidade de ponta de 1200 kg e capacidade de carga de 2000kg e 02 cabines de elevadores cremalheiras para torre.

**Figura 11** - Locação dos bolsões, grua e cremalheiras. Definição da área de alcance da grua.



Fonte - PLANC.

**Figura 12** - Esquema de escoramento da grua.



Fonte - PLANC.

Deve-se permanecer esse esquema de escoramento da grua até enquanto a grua permaneça apoiada no pavimento.

- 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 o fim de 2018.

#### **4.3.1 Caracterização das principais restrições e limitações operacionais**

Entende-se como restrições e limitações operacionais, o conjunto de características e influências que impõem condições desfavoráveis à execução da obra.

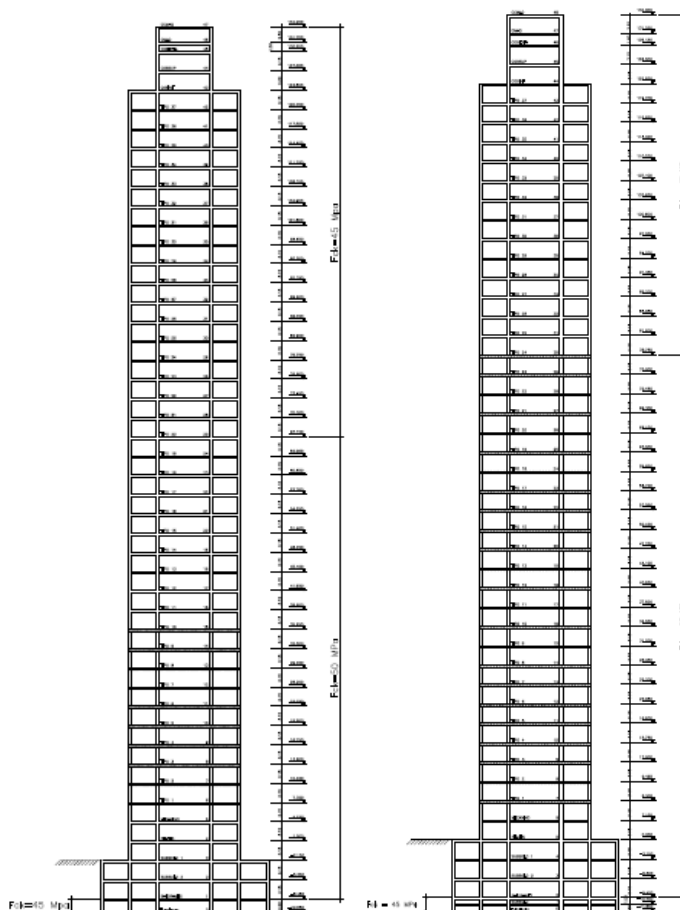
Serão relatadas a seguir as principais restrições e limitações para a execução da obra em estudo.

- Restrições de acesso: o canteiro pode ser acessado por três ruas e existem diversas restrições da STTRANS e SEMOB quanto à utilização destas. Na Rua Custódio Domingos dos Santos e Prof. Francisco dos Santos o estacionamento de caminhões é restrito ao único acesso do canteiro, sendo proibido a parada de mais de um veículo com ressalva de não atrapalhar o trânsito local e Na Rua Inácio Ferreira Serrano o estacionamento de caminhões é proibido.
- Disposição do canteiro: devido à disposição das torres e a área de escavação dos subsolos, o abastecimento e estoque de materiais podem ser feitos somente pela periferia. A execução da estrutura da periferia necessita ser planejada para garantir a produção das torres.
- Demolição de estruturas existentes no terreno;
- Quantidade de pavimentos: a execução de duas torres com 44 pavimentos e aproximadamente 140 metros de altura requer alguns cuidados no planejamento dos serviços;
- 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.

**Figura 13 - Corte Esquemático – Torre A e Torre B.**



**Fonte - PLANC.**

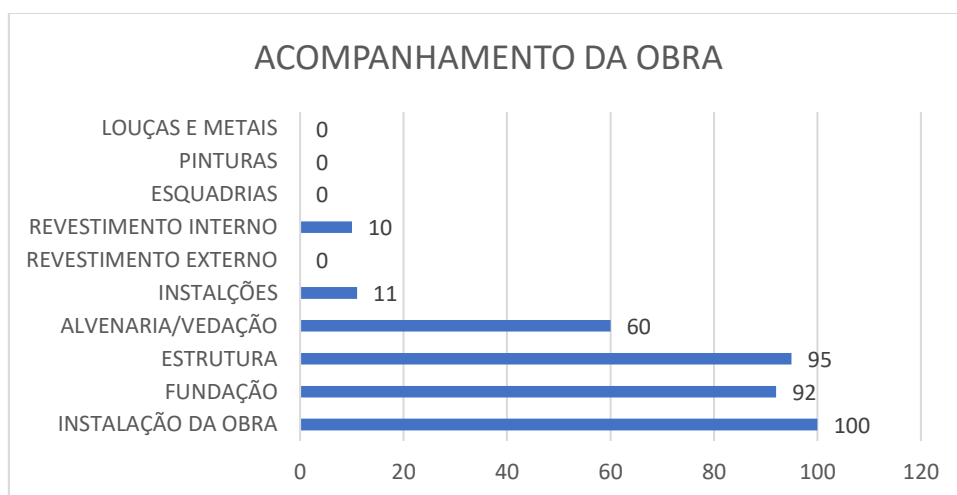
Desta forma, no caso da obra do empreendimento Tarsila do Amaral, a quantidade de material que se recebe todos os dias é grande. Necessitando assim de um gerenciamento e controle adequado.

#### 4.4 CANTEIRO DE OBRA

O canteiro da obra é do tipo restrito, onde a construção ocupa o terreno ou uma alta percentagem deste, tendo assim poucos acessos para materiais. Estando na fase intermediária, onde as torres já estão implantadas e com grande número de serviços sendo realizados em todo o canteiro ao mesmo tempo, buscou-se fazer através de

levantamentos e quantitativos o progresso e porcentagem das atividades já realizadas, para criar uma cronologia entre o início do estudo e o fim das atividades acadêmicas, tendo em vista que o planejamento utilizado para o empreendimento é de longo prazo ou estratégico, que fica exemplificado no Gráfico 1.

**Gráfico 1 - Controle de execução – 09.08.2017**

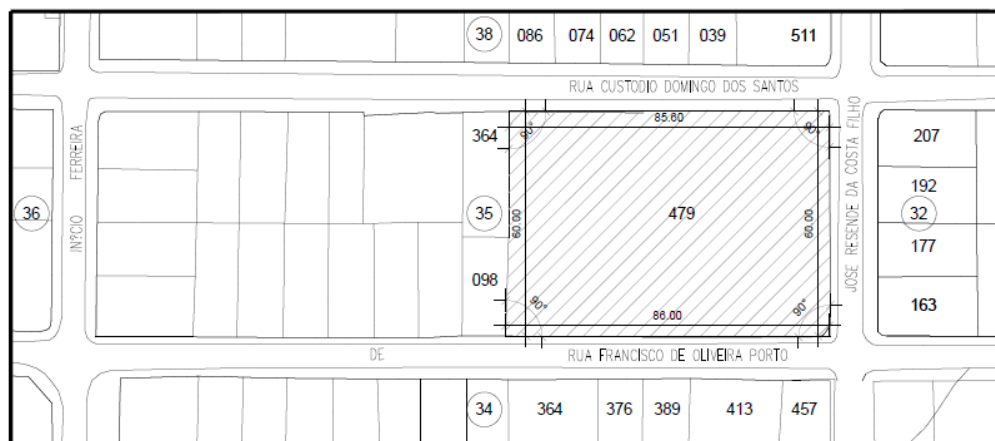


Fonte - Autor

Foi produzido com o auxílio do software AutoCAD 2018, as plantas/layouts do canteiro de obras, buscando demonstrar a locação de cada dependência e sua distribuição dentro do terreno, para caracterizar o formato do canteiro como as disposições referentes a segurança e produtividade do canteiro.

A Figura 14, demonstra a disposição da área do empreendimento que se localiza no lote 479, possuindo dimensões aproximadas de 85,6 m x 60,0 m, encontrando-se na interseção entre as Ruas Custodio Domingo dos Santos, Jose Resende da Costa Filho e Francisco de Oliveira Porto.

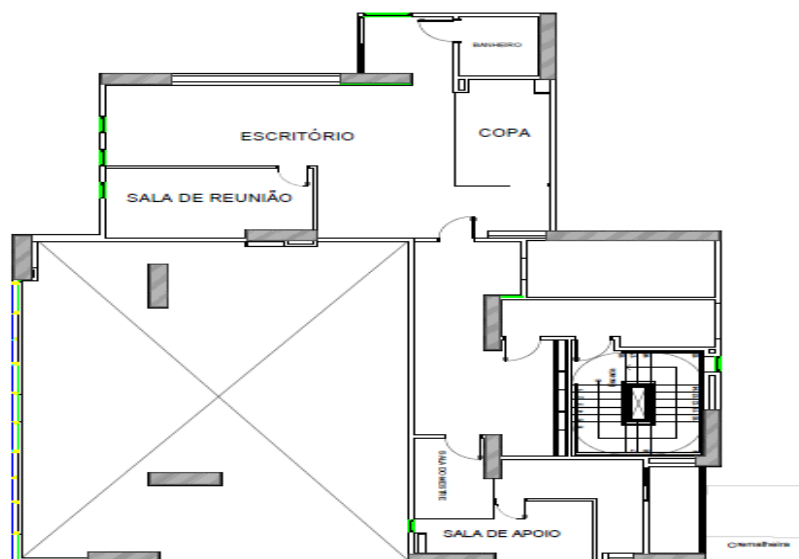
**Figura 14 - Croqui de Localização (ESCALA: 1/2000).**



**Fonte - Autor.**

A Figura 15, traz a distribuição presente no mezanino da Torre A, onde se encontrava a parte administrativa do empreendimento, contando assim com escritório, sala de reuniões, sala de apoio entre outros.

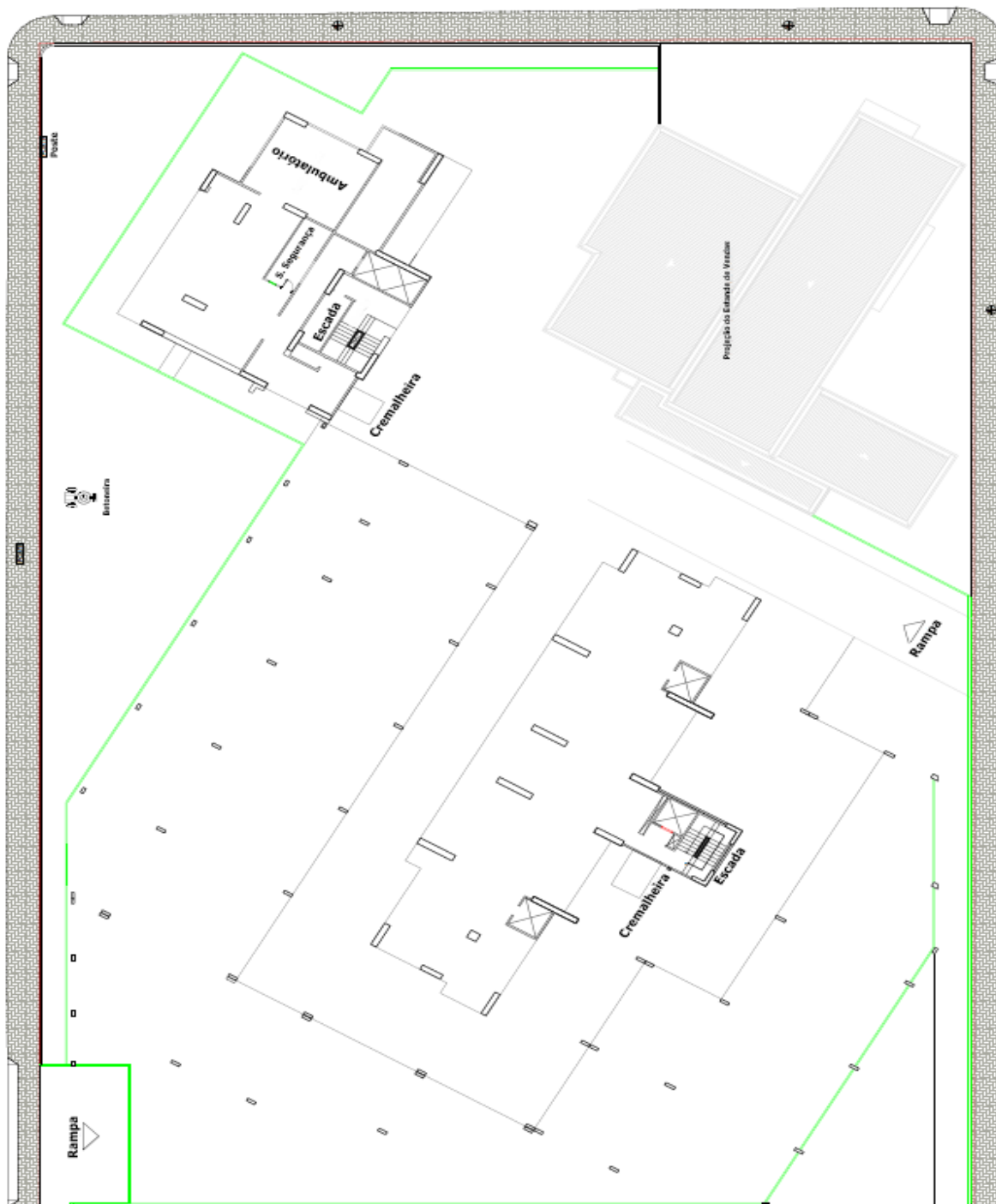
**Figura 15 - Planta Baixa do Mezanino Torre A – Layout do Canteiro de Obras.**



**Fonte - Autor.**

A Figura 16, busca ilustrar a disposição atual que o canteiro de obras possui em relação ao seu pavimento de Pilotis, onde se encontrava o acesso a parte administrativa do empreendimento como também acesso aos elevadores cremalheira.

**Figura 16** - Planta Baixa Pilotis – Layout do Canteiro de Obras.



**Fonte** - Autor.

A Figura 17, busca remontar a distribuição das áreas de vivência encontradas no canteiro, onde se localizava o almoxarifado, dormitórios, cozinha e sanitários.

**Figura 17** - Planta Baixa Subsolo 1 – Layout do Canteiro de Obras.



**Fonte** - Autor.

A Figura 18, busca remontar a distribuição das áreas de produção e depósito de materiais encontradas no canteiro, onde se localizava o depósito de areia e brita, banca de serra entre outros.

**Figura 18** - Planta Baixa do Subsolo 2 – Layout do Canteiro de Obras.



Fonte: Autor.

As seções a seguir, serão destinadas para descrever o conceito e as atividades executadas pela concedente e pelo estagiário no canteiro de obra voltado em especial para concepção de estruturas em concreto armado.

## 4.5 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.

### 4.5.1 Caracterização da Estrutura

Abaixo são apresentadas as informações relevantes para caracterização e conhecimento da estrutura estudada, levando em consideração que a área da laje nervurada é zero, tendo em vista o sistema de escoramento utilizado pelo empreendimento, onde toda a laje é escorada e vigas metálicas em suas nervuras e que os valores abaixo representados são para um pavimento tipo.

- Considerações de Projeto:

Para realização do projeto em estudo os seguintes itens foram considerados e devem ser respeitados:

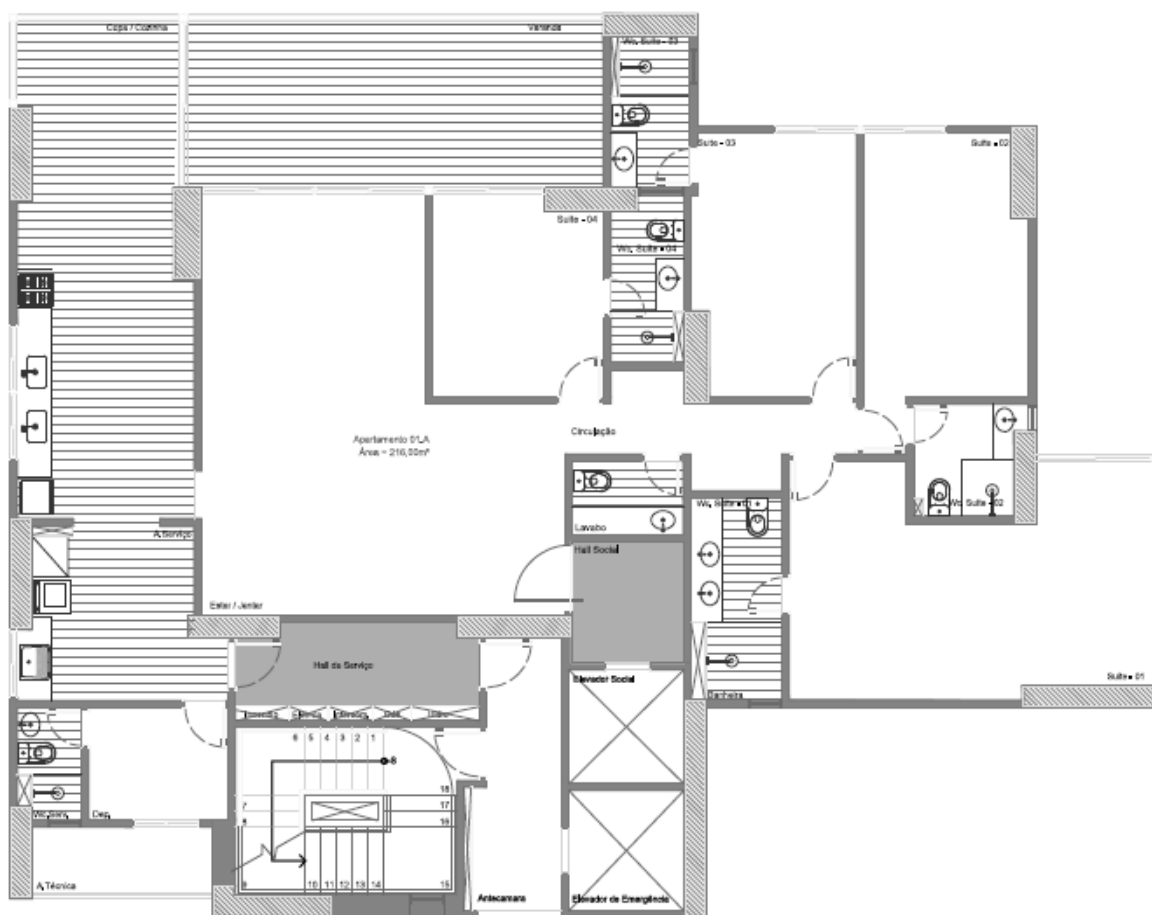
- Normas de referência:
  - ABNT NBR 6118/2014: Projeto de estruturas de concreto;
  - ABNT NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
  - ABNT NBR 6122: Projeto e execução de fundações;
  - ABNT NBR 6123: Forças devido ao vento em edificações;
  - ABNT NBR 8953: Concreto para fins estruturais – classificação por grupos de resistência;
  - ABNT NBR 12655: Preparo, controle e recebimento do concreto.

- Classe de agressividade ambiental:
  - De acordo com a NBR 6118 – Item 6.4.2 – Tabela 6.1 – Classe II (Moderada – Urbana).
  
- Relação água/cimento em massa ( $a/c$ ):
  - De acordo com a NBR 6118 – Item 7.4.2 – Tabela 7.1 -  $a/c \leq 0,60$  (a ser validado pelo tecnologista do concreto).
  
- Classe do Concreto (NBR 8953):
  - De acordo com a NBR 6118 – Item 7.4.2 – Tabela 7.1 –  
 $classe \geq C45 - f_{ck} \geq 45M_{pa}$
  
- Cobrimento das armaduras:
  - De acordo com a NBR 6118 – Item 7.4.7.6 – Tabela 7.2 –
  - Lajes: ferragem base = 2,0 cm
  - Fundação, Pilares, Vigas e Escadas: ferragem base = 2,5 cm com controle rigoroso de execução.
  
- Categoria do aço:
  - CA – 50, CA – 60
  - $f_{yk} = 500M_{pa}, 600M_{pa}$
  
- Limites para fissuração e proteção das armaduras:
  - De acordo com a NBR 6118 – Item 13.4.2 – Tabela 13.3  
 $ELS - W - w_k \leq 0,3 mm$



- Torre A – Pavimento Tipo 21 – 37:
  - Área do pavimento: 223,98 m<sup>2</sup>
  - Volume de concreto: Pilares – 31,3 m<sup>3</sup>; Vigas – 16,8 m<sup>3</sup>; Laje – 26,8 m<sup>3</sup>; Totalizando: 74,9 m<sup>3</sup>
  - Área de forma: Pilares – 203,00 m<sup>2</sup>, Lajes – 166,1 m<sup>2</sup>, - Vigas: 67,2 m<sup>2</sup>, totalizando 436,3 m<sup>2</sup>.
  - Peso da Armadura: CA – 50: 7.458 kg e CA – 60: 87 kg
  - 14 Pilares e 1 escada;

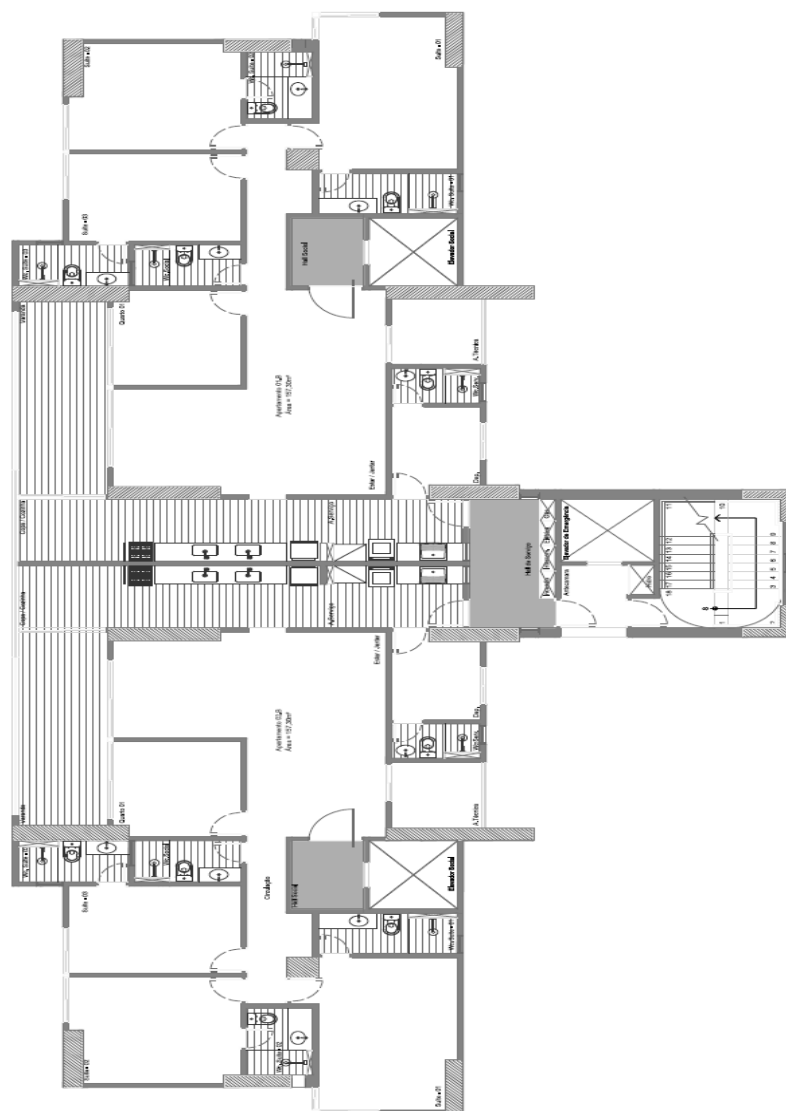
**Figura 19 - Pavimento Tipo.**



**Fonte - PLANC.**

- Torre B – Pavimento Tipo 34 – 37:
  - Área do pavimento: 162,70 m<sup>2</sup>;
  - Volume de concreto: Pilares – 43,7 m<sup>3</sup>; Vigas – 20,9 m<sup>3</sup>; Laje – 43,3 m<sup>3</sup>; Totalizando: 107,9 m<sup>3</sup>;
  - Área de forma: Pilar - 274,50 m<sup>2</sup>, Laje – 50,2 m<sup>2</sup>, Viga – 205,30 m<sup>2</sup>, Totalizando: 530,0 m<sup>2</sup>.
  - Peso da Armadura: CA – 50: 8.261 kg; CA – 60: 176 kg.
  - 18 Pilares e 1 Escadas.

Figura 20 - Pavimento Tipo.



Fonte - PLANC

#### 4.5.1.1 Índices Representativos

O Quadro 3 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 duas torres.

**Quadro 3** - Índices representativos e valores específicos para a produção da estrutura da obra do estudo de caso, segundo proposta feita por ZORZI (2002).

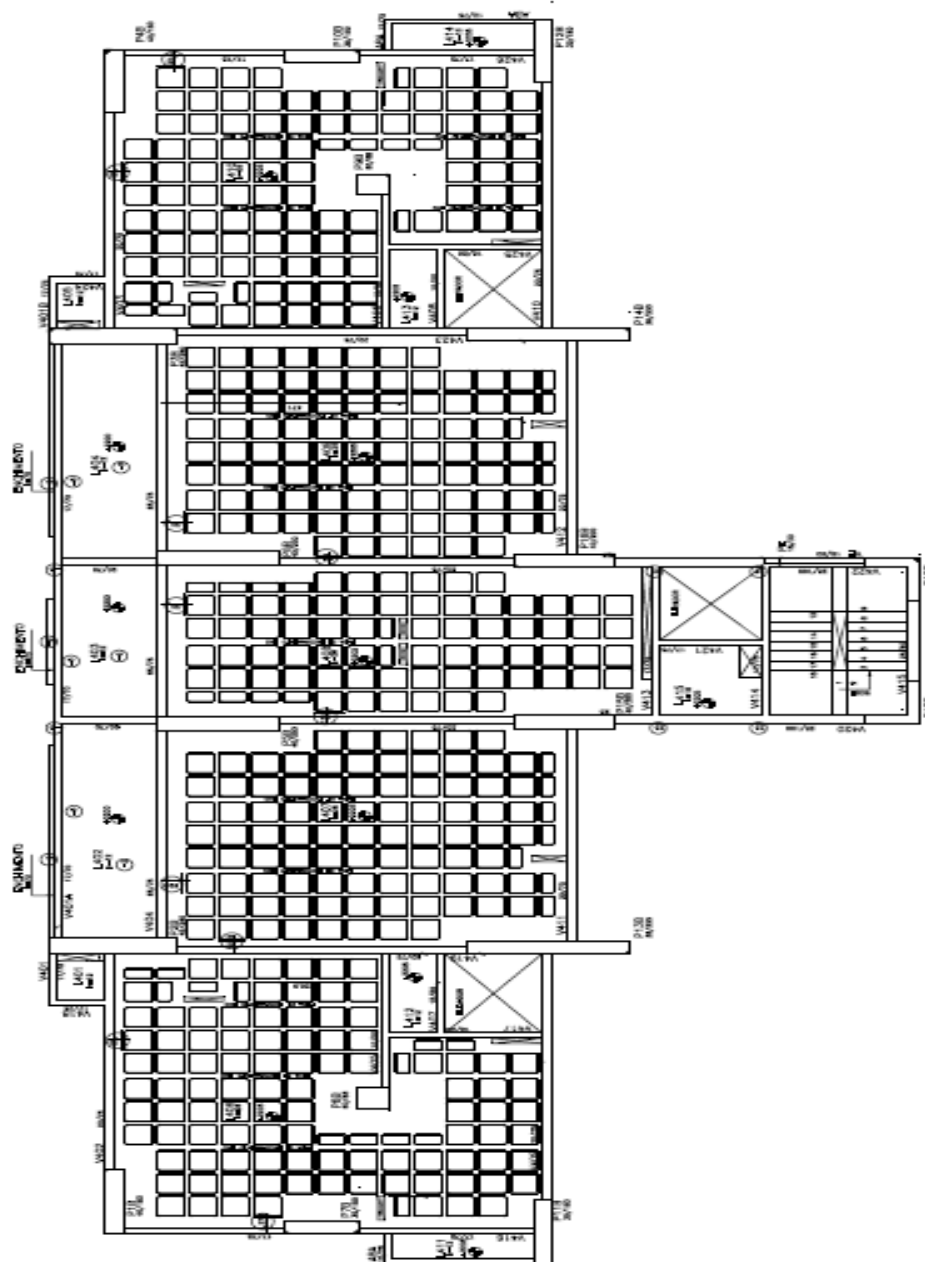
	Índice	Torre A	Torre B
(1)	m <sup>2</sup> AC fôrma / m <sup>2</sup> AP	1,9	3,2
(2)	m <sup>2</sup> AC fôrma / m <sup>3</sup> concreto	5,8	4,8
(3)	m <sup>2</sup> AP / número de Pilares	16,0	9,0
(4)	esp. média concreto (cm)	27,9	66,1
(5)	taxa armadura (kg/m <sup>3</sup> conc.)	100,7	87,5
(6)	taxa armadura (kg/m <sup>2</sup> AP)	33,6	57,8

Fonte - Autor

- (1) – m<sup>2</sup> AC fôrma / m<sup>2</sup> 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<sup>2</sup> AC fôrma / m<sup>3</sup> concreto: representa a relação entre área de contato de fôrma e volume total de concreto do pavimento (pilares, vigas, lajes e escadas);
- (3) – m<sup>2</sup> AP / número pilares: representa a relação entre área de projeção total do pavimento (m<sup>2</sup> 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<sup>2</sup> 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<sup>3</sup> conc.;
  - (6) - área de projeção total do pavimento, em kg/m<sup>2</sup> AP.



Figura 22 - Projeto de fôrmas – Torre B



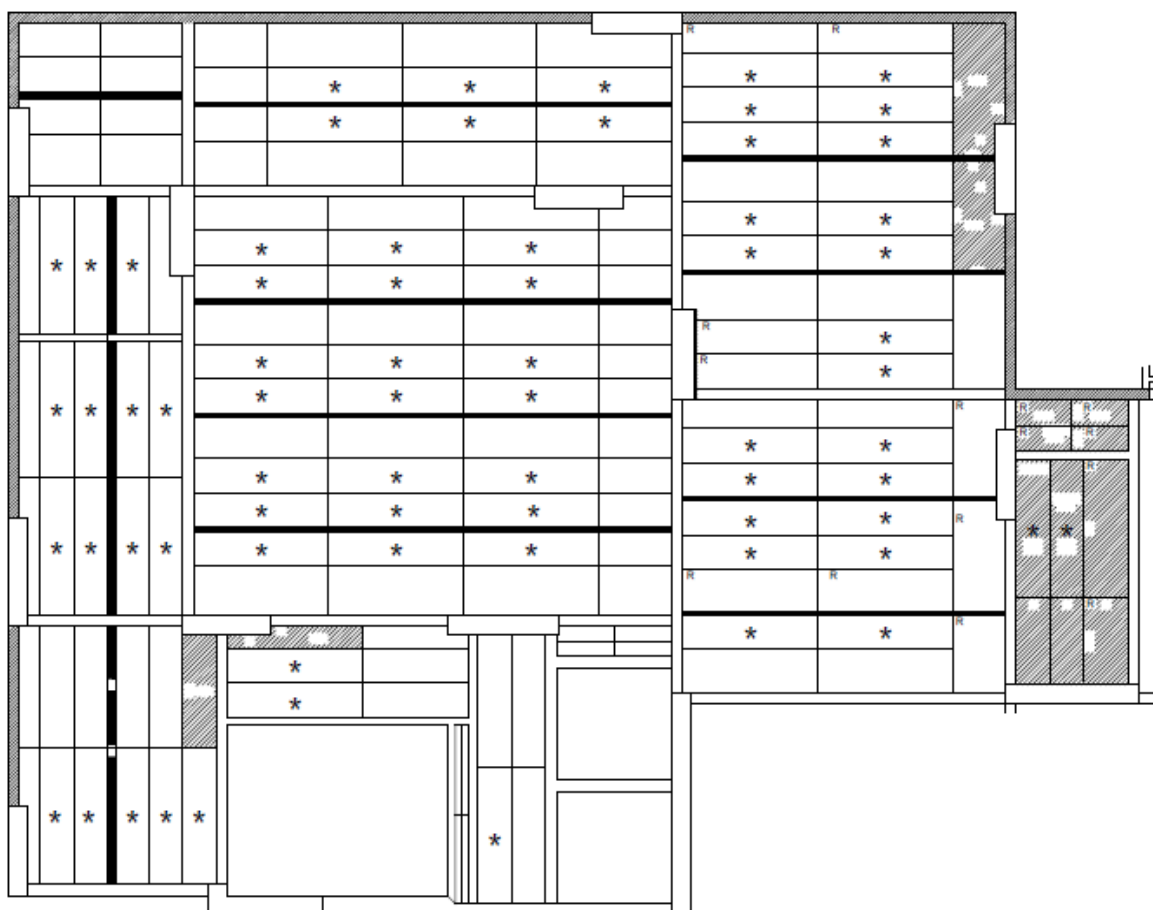
Fonte - PLANC

A fôrma era fabricada no próprio canteiro de obras com mão de obra própria para todo serviço de carpintaria. As fôrmas para molde dos pilares em painéis de chapas de madeira compensada plastificada com 18mm de espessura, sem folga de 2cm no pé do pilar e com mosca de 2cm, 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.

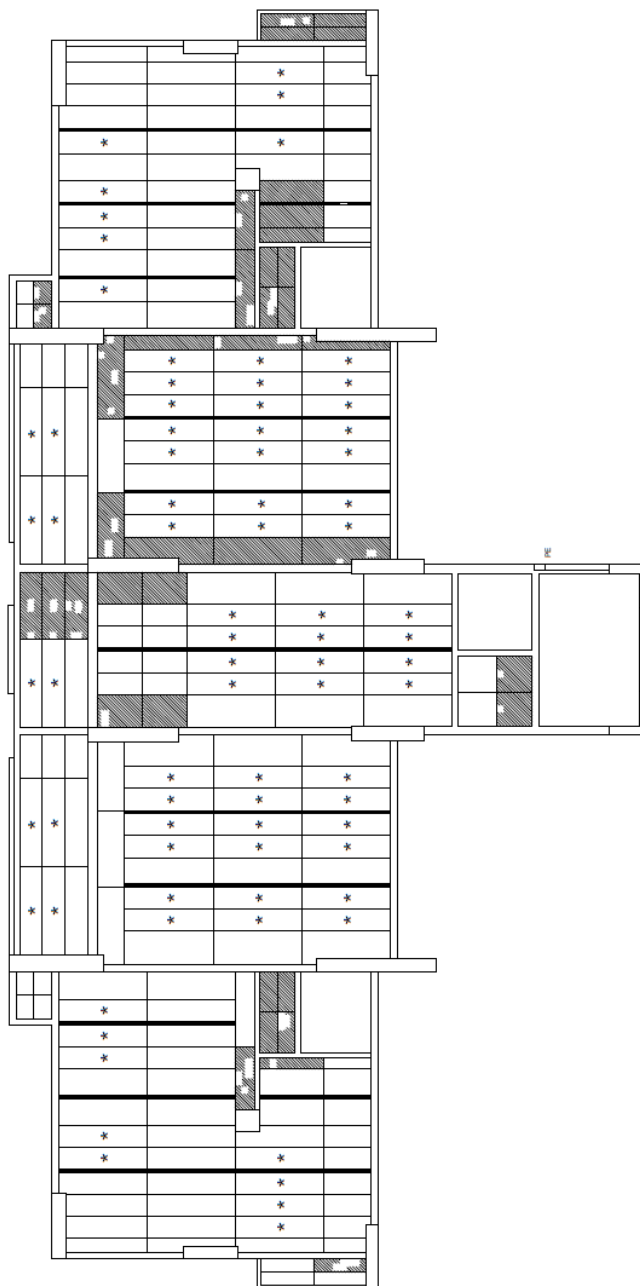
#### 4.5.2.1 Escoramento das lajes e vigas

As fôrmas das lajes em chapas de madeira compensada plastificada de 18mm de espessura, faixas de reescoramento com 15 cm, não sarafeadas. Cimbramento em sistema tramado, vigamento inferior e superior com vigas tipo H20 apoiadas em escoras pontuais metálicas, conforme ilustra as Figuras 23 e 24 que demonstra a distribuição das fôrmas para um pavimento tipo da Torre A e B.

**Figura 23** - Projeto escoramento – Torre A.



Fonte - PLANC

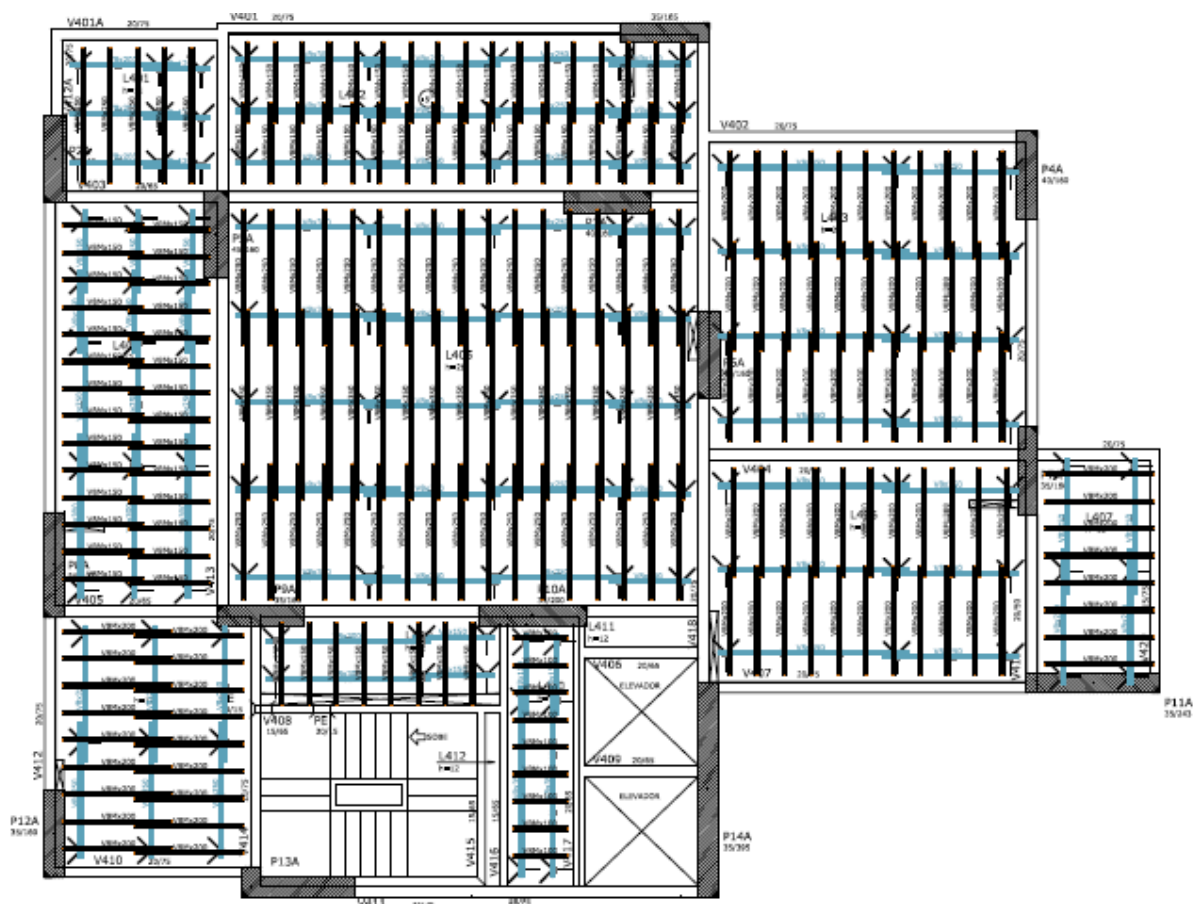
**Figura 24** - Projeto escoramento – Torre B.

**Fonte** - PLANC

A cada 2,25m<sup>2</sup> de área da laje, devem ser dispostas 4 escoras, espaçadas uma das outras em 1,5m, as vigas secundárias são dispostas no sentido do maior vão da laje e o espaçamento é de acordo com as dimensões das cubetas da laje nervurada, ou seja, variam de 0,50 a 0,65m, as vigas secundárias são dispostas na direção do menor vão da laje e espaçadas a cada 1,5m.

Nas lajes todas as escoras necessitam de tripés funcionando como uma base que distribui melhor as cargas para o piso, as escoras são espaçadas a cada 0,70m do comprimento da viga, as presilhas e barras de ancoragem são espaçadas a cada 0,40m do comprimento da viga conforme ilustra as Figuras 25 e 27 que demonstra a distribuição das fôrmas para um pavimento tipo da Torre A e B.

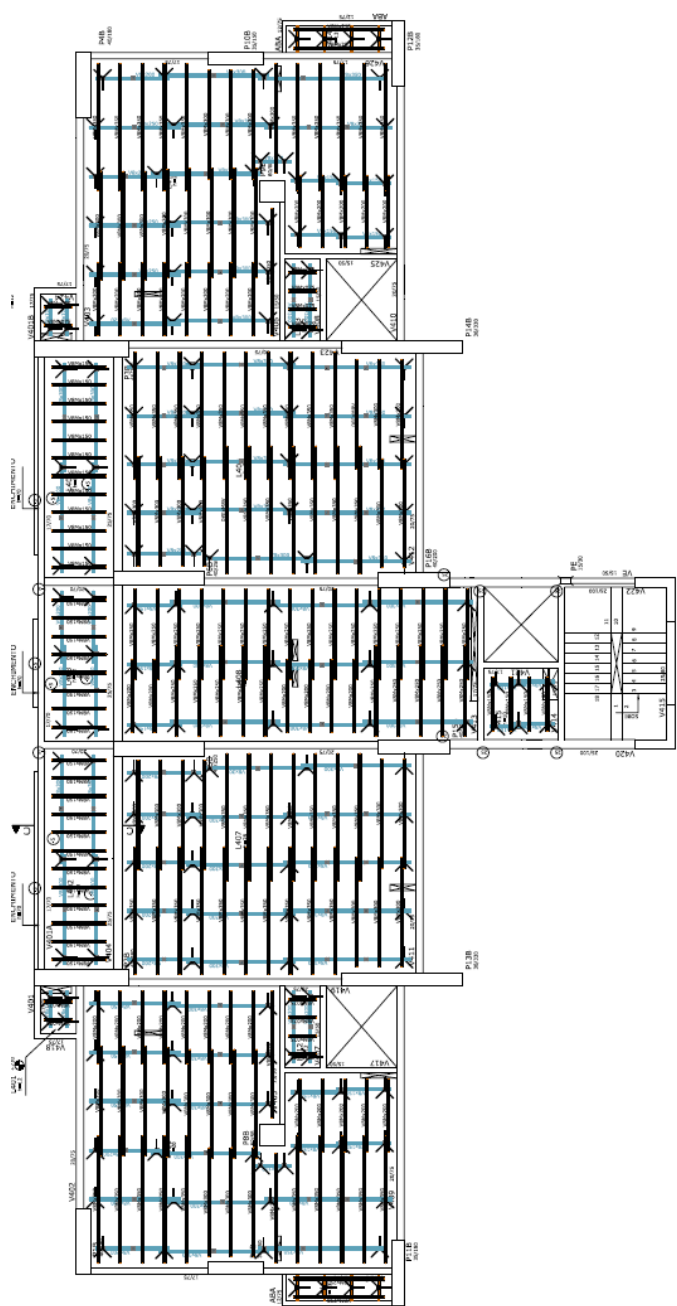
**Figura 25** – Esquema de escoramento – Torre A.



Fonte - PLANC



**Figura 26** – Esquema de escoramento em lajes – Torre B.



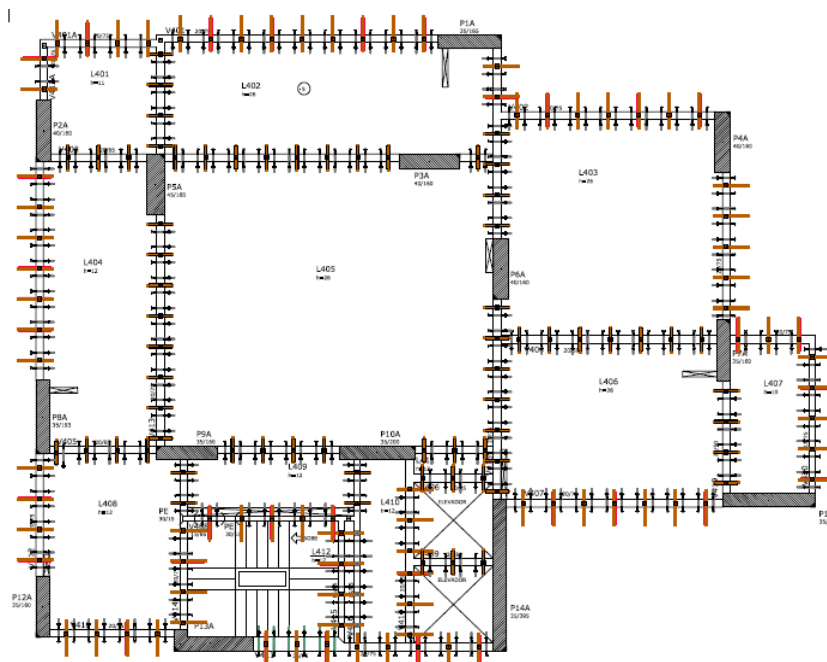
Fonte - PLANC.

As fôrmas para molde das vigas composta por painéis de chapas de madeira compensada plastificada de 18mm de espessura, painéis estruturados 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

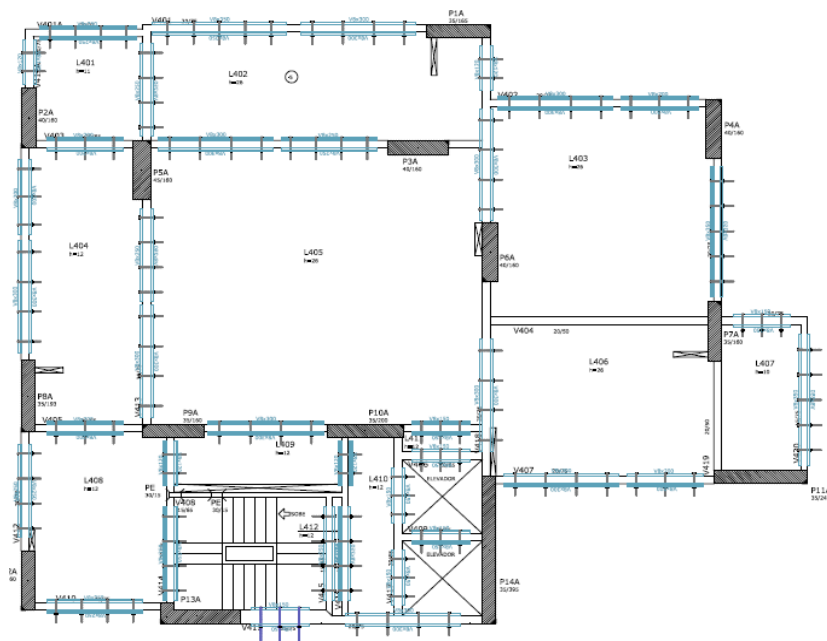
intermediária de amarração com barra de ancoragem, conforme ilustra as Figuras 27 e 28 da Torre A e 29 e 30 da Torre B, demonstrando a distribuição das escoras dos pavimentos tipos.

**Figura 27** – Esquema de escoramento em vigas – Torre A.



Fonte - PLANC.

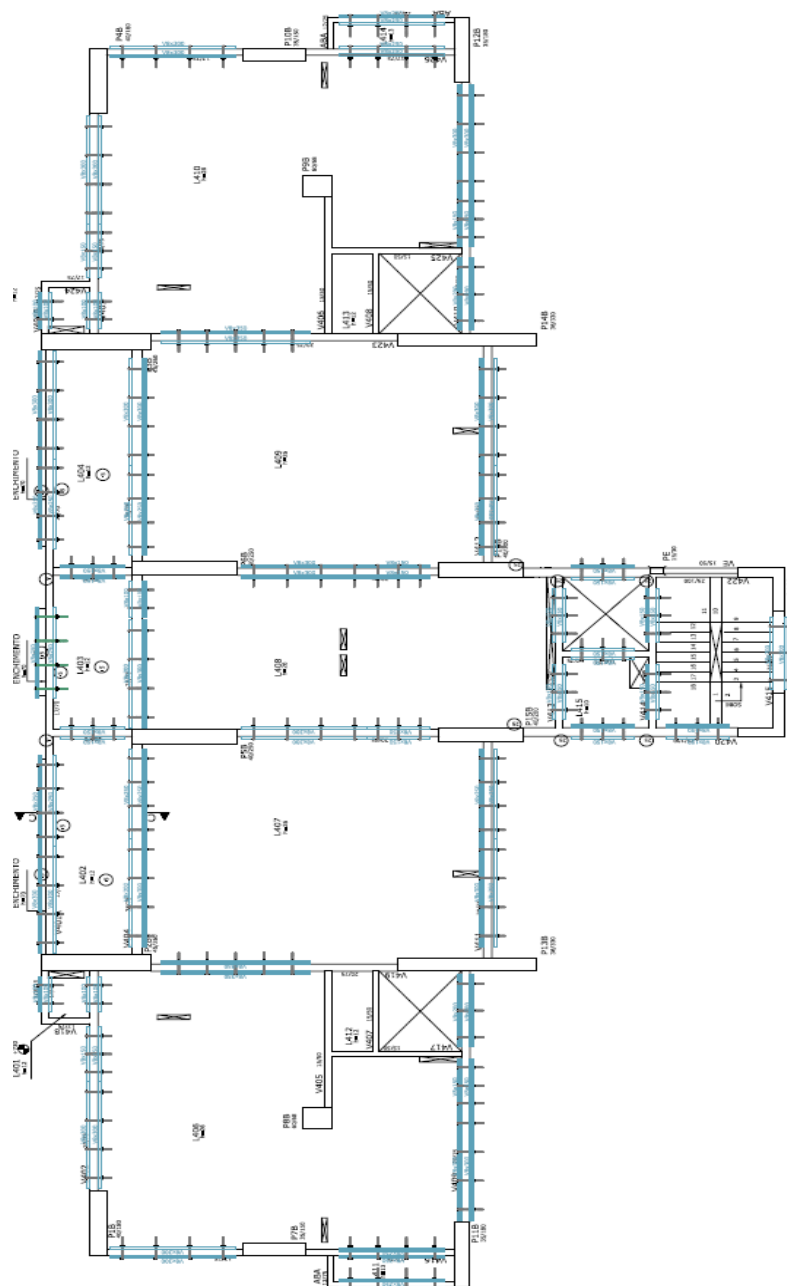
**Figura 28** – Esquema de escoramento em vigas – Torre A.



Fonte - PLANC.



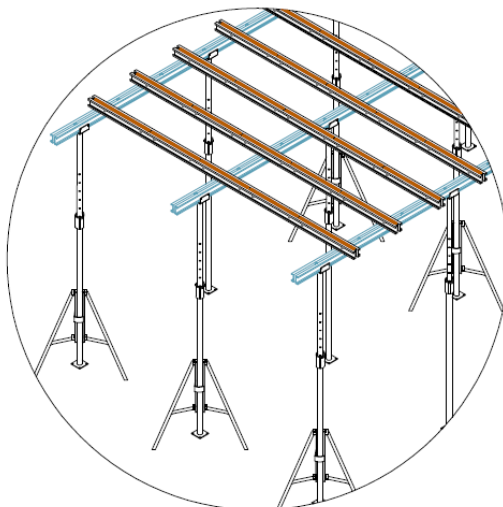
**Figura 30** – Esquema de escoramento em vigas – Torre B.



Fonte - PLANC.

Os sistemas de escoramento do empreendimento em especial para lajes utilizam escoras metálicas de 3,10m e tripé de 0,90 m com viga secundária V8M, sendo demonstrado o sistema através da Figura 31:

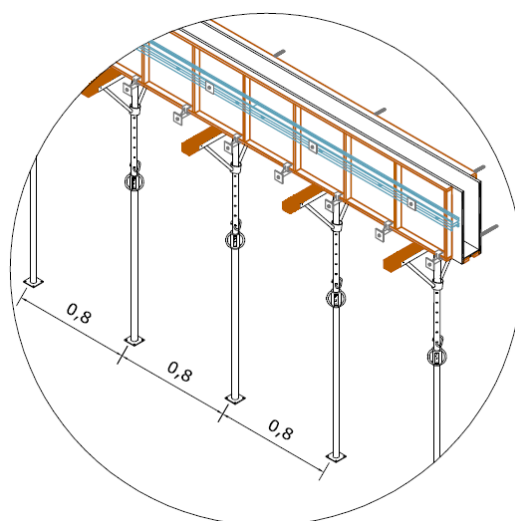
**Figura 31** - Detalhe de escoramento de laje.



**Fonte** - PLANC.

Os sistemas de escoramento do empreendimento em especial para vigas de periferia, contam com escora metálica de 3,10 m + cruzeta de 0,85 m + apurador externo a cada 0,80 m e conjunto de presilhas a cada 0,40 m.

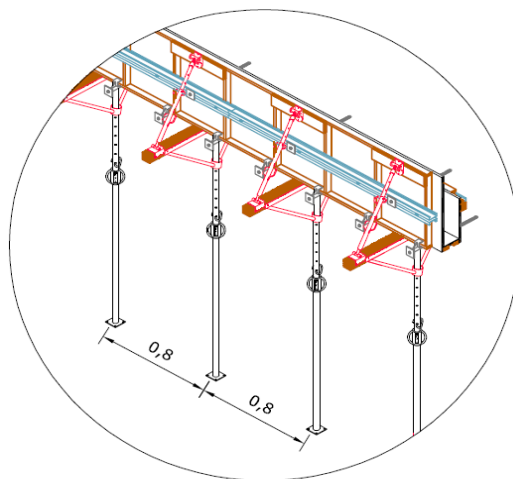
**Figura 32** – Detalhe escoramento em vigas.



**Fonte** - PLANC.

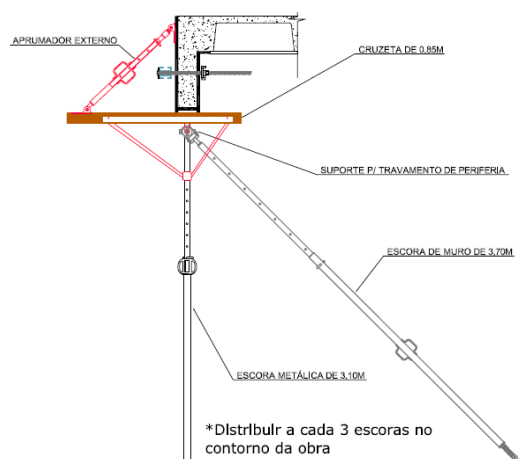
Os sistemas de escoramento do empreendimento para vigas internas, contam com escoras metálicas de 3,10 m + cruzeta de 0,60 m a cada 0,80 m e conjunto de presilhas a cada 0,40 m + travamento lateral.

**Figura 33** – Detalhe escoramento em vigas.



Fonte - PLANC

**Figura 34** – Detalhe escoramento em vigas.



Fonte - PLANC.

### 4.5.3 Armaduras

O processo de recebimento, estocagem e processamento utilizado na obra tem algumas características, que serão identificadas abaixo:

- Os locais de descarga foram locados em pontos estratégicos para alcance da grua.
- Após a descarga o aço era estocado nos pisos térreo e subsolo 3.
- A utilização da grua foi muito importante para o aumento da produtividade da mão-de-obra.
- O aço foi pré-montado nas centrais de armação localizadas no térreo e subsolo 3. Em seguida transportado até o local da montagem final com o auxílio da grua para os pavimentos superiores e de forma manual para os diversos setores do empreendimento.

### 4.5.4 Concretagem

Todo o concreto estrutural da obra foi fornecido por empresa subcontratada, algumas características serão identificadas abaixo:

- Os ensaios realizados são os seguintes: O abatimento de tronco de cone (*slump-test*), controle de resistência a compressão (fck) a partir dos corpos de prova moldados na obra;
- A concretagem era realizada através de um caminhão bomba e sistemas de encanação para elevar o concreto até o local de aplicação;
- Poucas foram as concretagens executadas com a grua, pois a prioridade da sua utilização foi o serviço de armação;
- Um mapa de concretagem era produzido em cada execução preenchido pelo próprio encarregado, onde eram registrados o número do caminhão-betoneira e a peça que utilizou o seu concreto;

- O espalhamento, nivelamento e vibração foram executados pela equipe de concretagem da empresa, onde faziam parte o mestre de obra, encarregados de armação, carpintaria e funcionários da empresa de concreto.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os dados levantados, ao final do estudo e a produção do layout do canteiro de obras do empreendimento foi possível saber, sobre a preocupação dos responsáveis pela construção quanto o bom funcionamento do canteiro de obras, fator essencial para a boa produtividade do empreendimento, bem como adequação as normas e segurança no canteiro.

### 5.1 CANTEIRO DE OBRA

No item 4.4 apresenta-se os aspectos relacionados às instalações provisórias, segurança na obra, sistema de movimentação e armazenagem de materiais. Todos os parâmetros para as avaliações do canteiro de obras foram realizados de acordo com a NR 18.

O empreendimento em estudo apresentava as seguintes características:

- O armazenamento de blocos cerâmicos, estavam empilhados com altura máxima de 1,50 m, cobertos por lona, plástico ou cobertas construídas de painéis de alumínio e estruturas metálicas sendo intercalados em diferentes posições;
- Verificou algumas medidas de prevenção e combate a incêndio para os diversos setores, atividades, máquinas e equipamentos do canteiro de obras, com um sistema de alarme capaz de dar sinais perceptíveis em todos os locais da construção;
- Mesmo as guaritas não sendo obrigatórias por norma, pode-se verificar duas guaritas localizadas junto à porta de acesso dos trabalhadores, providas de mesa, livro de anotações, capacetes para visitantes, campainha pelo lado de fora e uma área de aproximadamente 3 m<sup>2</sup>;
- O estoque de sacos de cal, cimento e argamassa industrializada era em local fechado, próximo ao acesso de materiais da obra e isento de umidade, empilhá-los é em cima de pallets e em no máximo 15 sacos para cal, 10 sacos para cimento e argamassa industrializada;

- O depósito de areia estava localizado no subsolo 3, seu armazenamento buscou evitar contato direto com o terreno, sendo feita uma delimitação quanto às laterais para evitar carreamento pela chuva e contaminação com terra, entulhos e outros materiais;
- O depósito de entulho, estava em local específico para tal fim, sendo utilizado algumas caçambas basculante, situado ao lado do empreendimento, dando acesso assim aos veículos coletores. Porém o entulho das torres é retirado por carrinhos de mão e utilizando os elevadores para a movimentação vertical;
- Existia uma betoneira de 600l de reserva para se ocorrer algum imprevisto, tornando assim a produção mais segura;
- O canteiro de obra sempre se apresentou limpo e desimpedido, deixando as vias de circulação, passagens e escadarias sempre com acesso livre e seguro.

Por fim, a movimentação de pessoas e materiais dentro do canteiro apresentava condições favoráveis para acontecer, sem quaisquer interferências por parte do estoque ou ligações entre as torres e os setores externos.

## 5.2 ÍNDICES REPRESENTATIVOS E VALORES ESPECÍFICOS

No item 4.5.1.1 remonta a produção de estruturas em concreto armado considerando a proposta feita por Zorzi (2002), onde seus valores são considerados favoráveis, quando comparados a valores encontrados a outras obras e processos construtivos.

Os valores obtidos na obra do empreendimento em estudo podem ser considerados como um bom resultado, exemplo é a taxa de armadura que está próximo do padrão executável em projeto que é de  $90 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{concreto}$ .

## 5.3 PAVIMENTOS AVALIADOS

A PLANC adota o ciclo de 5 dias trabalhados para execução da estrutura de cada pavimento tipo. Na obra do empreendimento Tarsila do Amaral foram estudados um ciclo de cada torre. O período de 23/10/07 a 27/10/07 para o 39º pavimento da

torre A e o 38º pavimento da torre B entre o período de 16/10/07 a 20/10/07. Os respectivos períodos foram escolhidos tendo em vista os motivos relacionados abaixo:

- As duas torres já executavam os ciclos em cinco dias;
- Nestes pavimentos, as reformas das fôrmas ainda não eram necessárias, possibilitando avaliar exclusivamente o processo de montagem;
- As equipes já estavam formadas e integradas. Tendo trocas de carpinteiros dificilmente.

#### 5.4 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA PARA MONTAGEM DE FÔRMAS

Os Quadros 4, 5 e 6 retratam os apontamentos feitos em cada dia do ciclo considerando somente as horas trabalhadas na montagem das fôrmas.

**Quadro 4** - Apontamento das horas trabalhadas na montagem de fôrmas da torre A.

Torre A (39º Pavimento)				
Dia do Ciclo	Quantidade de carpinteiros (A)	Hs trabalhadas na montagem das fôrmas (B)	Total Hh (A*B) diário	Oservações
1º	7	9,5	66,5	
2º	7	10,5	73,5	
3º	7	4	28	Concretagem de pilares no período da tarde
4º	7	9,5	66,5	
5º	7	0	0	Concretagem da laje
			<b>234,5</b>	

Fonte - Autor

**Quadro 5** - Apontamento das horas trabalhadas na montagem de fôrmas da torre B.

Torre B (38º Pavimento)				
Dia do Ciclo	Quantidade de carpinteiros (A)	Hs trabalhadas na montagem das fôrmas (B)	Total Hh (A*B) diário	Observações
1º	8	9,5	76	
2º	8	10,5	84	
3º	8	4	32	Concretagem de pilares no período da tarde
4º	8	9,5	76	
5º	8	0	0	Concretagem da laje
			<b>268</b>	

Fonte - Autor

A Quadro 6 apresenta os Índices de Produtividade para cada torre em função das tabelas apresentadas anteriormente.

**Quadro 6** - Índices de Produtividade

Torre	Produtividade		
	Obras estudadas por Zorzi (2002) Hh/m <sup>2</sup>	Obra do empreendimento Tarsila do Amaral Hh/m <sup>2</sup>	Variação Hh/m <sup>2</sup>
1	0,54	0,54	0,00
2	0,56	0,51	0,08

Fonte - Autor

A produtividade da montagem de fôrmas atingiu um índice coerente quando comparado aos obtidos por Zorzi (2002). Além disso, é importante ressaltar que os índices apresentados pelo autor Zorzi (2002) já foram considerados favoráveis quando comparados a outras empresas do setor.

Os valores de produtividade obtidos no empreendimento Tarsila do Amaral 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.

## 5.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

Em função da boa produtividade da mão de obra alcançada na montagem de fôrmas na obra do empreendimento Tarsila do Amaral, julgou-se necessário avaliar a qualidade da estrutura em concreto armado. Apesar dos procedimentos executivos para monitoramento e recebimento dos serviços que a PLANC 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.

Segundo 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.

Em função dos bons números de produtividade encontrados na obra em questão, este trabalho utilizou os indicadores escolhidos pelo autor Zorzi (2002) para aferir a qualidade das estruturas de concreto. Selecionados com base na metodologia preconizada por Obata (2000), tais indicadores são: largura das vigas internas, alinhamento das vigas externas, seção dos pilares e prumo dos pilares. 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), é resumidamente apresentada junto com cada item analisado. Caso se queira aprofundar o nível de informação, deverão ser consultadas as referidas bibliografias.

Helene (1980), 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.

### 5.5.1 Variações de largura das vigas internas

O levantamento da variabilidade da largura das vigas justifica-se pela necessidade de ajuste dimensional em relação às alvenarias ou aos fechamentos adotados, podendo exigir dos serviços seguintes de revestimentos as correções necessárias e, no caso de vigas aparentes, representarem visualmente a qualidade inadequada do produto. Tanto para as condições de aumento como de redução das dimensões, ocorrerá a variação entre o desempenho estrutural proposto e previsto em projeto e o imposto em obra.

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

A Quadro 7 apresenta os resultados de coleta na obra mediante a adoção do indicador abaixo as comparando com outras obras:

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

**Quadro 7** - Valores da variação das larguras das vigas internas em relação ao projeto, segundo a proposta feita por ZORZI (2002).

Obra	Variação da Largura ( $\Delta L_{viga}$ ) (mm)			Tolerância Admitida <sup>(*)</sup> ( $\Delta_{max}$ ) mm
	Máximo	Mínimo	Mediana	ACI 117 – 06
Obra 1	3	0	2	6,0
Obra 2	3	1	1	6,0
Torre A	2	1	1	6,6
Torre B	3	1	2	6,6

**Fonte** - Autor

(\*) para se obter a referência da tolerância admitida, foi considerado o indicado pela Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary:  $\Delta_{m\acute{a}x} = 0,25^*(a)^{2/3}$ , sendo, neste caso, (a) a largura da viga, em centímetros. (largura média das vigas = 18,5 cm).

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 em estudo podem ser considerados como um bom resultado. Apesar dos valores obtidos serem superiores aos que foram comparados, não comprometeram a qualidade da estrutura.

Vale ressaltar que para o levantamento das variações das larguras das vigas, cabe ressaltar a necessidade de adoção de cuidados básicos quanto à segurança dos avaliadores, para que seja realizada nas vigas internas como nas de borda.

### **5.5.2 Variações do alinhamento das vigas externas**

Para esta verificação, no caso de vigas de borda, a medição ocorrerá diretamente no pavimento, através da análise do afastamento do alinhamento da face externa até o alinhamento relativo dado por linha de referência igualmente distante dos apoios dos vãos das vigas.

No caso de vigas internas, tal tipo de alinhamento só será possível se fazer o levantamento a partir do teto do andar de baixo, demandando o uso de andaimes. Para este levantamento optou-se pelo levantamento somente para as vigas externas, visando a agilidade da coleta, embora se reconheça a importância do levantamento total. As justificativas para este controle equivalem aos citados para as larguras das vigas.

Para realização desta análise foi utilizado o critério adotado por Zorzi (2002), que em suas determinações em obras estudadas 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, sendo representadas no Quadro 8:

$$\Delta L_{viga} = |L_i - L_i \text{ referência}|$$

**Quadro 8** - Variação do alinhamento das vigas externas em relação à linha de referência, segundo a proposta feita por ZORZI (2002).

Obra	Variação do alinhamento ( $\Delta L_{viga}$ ) mm		
	Máximo	Mínimo	Mediana
Obra 1	2	1	1
Obra 2	3	1	2
Torre A	3	2	2
Torre B	3	2	2

Fonte - Autor

O alinhamento das vigas externas apresenta valores superiores na torre A, porém próximos aos obtidos por ZORZI (2002). 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.

### 5.5.3 Variações das seções transversais dos pilares

A verificação das dimensões dos pilares é de extrema importância, uma vez que suas variações são preponderantes no desempenho estrutural face à variação da resistência dos componentes. Dada a importância, para esta verificação indica-se o levantamento das dimensões da seção em três alturas distintas a partir do piso (1,80m; 1,05m e 0,30 m), sendo excluídas as medições no topo e no piso, por se considerar que a fôrma, nesta região, apresenta maior rigidez devido às gravatas ou fixações adotadas nas fôrmas, ou seja, foram considerados como pontos de menor ocorrência de variações.

Para realização desta análise foi utilizado o critério adotado por Obata (2000), que determina o valor médio das larguras das faces paralelas e opostas, em três posições ao longo da altura do pilar.

Na sequência, 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.



O Quadro 9 traz os resultados de coleta na obra do empreendimento Tarsila do Amaral mediante a adoção do indicador abaixo, comparando-as com outras obras:

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

**Quadro 9** - Valor percentual da variação, em módulo, das seções dos pilares, segundo a proposta feita por ZORZI (2002).

Obra	Variação seção □ Seção (%)		
	Máximo	Mínimo	Mediana
Obra 1	2,3	0,1	0,4
Obra 2	1,3	0,0	0,5
Torre A	1,0	0,0	0,2
Torre B	1,5	0,1	0,3

Fonte - Autor

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 subsequentes.

#### 5.5.4 Variações dos Prumos dos Pilares

O levantamento dos prumos dos pilares deve abordar as variações locais e a verificação global do edifício. As verificações locais visam o atendimento do prumo com relação aos serviços seguintes, como assentamento das alvenarias, fixação de caixilhos de janelas, marcos de portas e janelas entre outros, o levantamento global do prumo permite o estudo da estabilidade global da estrutura, daí sua importância.

Para os prumos locais, em um pavimento indica-se sua avaliação em três alturas a partir do piso (1,80m; 1,05m e 0,30 m), sendo excluídas as dimensões no topo e no piso por se considerar de maior rigidez devido às gravatas ou fixações adotadas nas fôrmas, ou seja, foram adotados como pontos de menor ocorrência de variações.

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 1,80 m da base do mesmo e coletar os afastamentos entre face e o fio de prumo à aproximadamente 0,3 m e 1,05 m 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.

A Quadro 10 apresenta os resultados relativos às variações dos prumos dos pilares da obra em estudo e as comparando com as obras estudadas por Zorzi (2002).

**Quadro 10** - Variação absoluta dos prumos dos pilares segundo a proposta feita por ZORZI (2002).

Obra	Variação do prumo no pavimento (mm)		
	Máximo	Mínimo	Mediana
Obra 1	1	0	1
Obra 2	2	0	1
Torre A	2	1	1
Torre B	2	1	2

**Fonte** - Autor

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.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado neste trabalho visou o gerenciamento e controle na produção de estruturas de concreto armado no canteiro de obras de uma empresa de grande porte. Pode-se constatar que na obra analisada havia um planejamento do canteiro de obras e conseqüentemente um controle e gerenciamento de execução das estruturas de concreto armado. A administração da obra observava questões relacionadas ao gerenciamento, planejamento, controle e execução de todas as etapas executáveis na construção da estrutura, e, desta forma, eles ocorriam de forma ordenada, o que ocasionava atividades que agregavam valor aos processos e sem perdas nos fluxos de mão-de-obra e materiais

O gerenciamento de obras é muito importante e deve ser aplicado a todo tipo de obra. Assim como o uso do planejamento para a execução dos projetos do canteiro de obras tem sido valorizado, pois já é possível encontrar em algumas construtoras brasileiras, como a exemplo da PLANC, um maior cuidado com esta etapa, fazendo com que tenham maior fluidez do trabalho, e dessa forma aumentando a produtividade e a qualidade do produto final. Percebe-se a importância do envolvimento dos profissionais ligados a coordenação de projetos estarem trabalhando junto com a engenharia da obra, fazendo o planejamento, o acompanhamento com visitas a obra e o controle das diversas fases do canteiro.

No estudo de caso foram apresentados, na prática a produção da estrutura de concreto armado e as atividades que a antecederam, focando seu gerenciamento e controle no canteiro de obras e relatando as atividades sob a responsabilidade do engenheiro de obras e o autor deste trabalho.

Sendo importante salientar que para um controle e gerenciamento de produção ser realmente eficiente este deve ser atrelado a um setor de planejamento efetivo, o qual dará base fundamentada para as atividades de verificação das tarefas, controlando também, todos os insumos necessários à sua execução.

Através do exposto acima, conclui-se com este trabalho, que a atividade de gerenciamento e controle consiste em uma ferramenta essencial para a correta execução de estruturas em concreto armado em um empreendimento de grande porte, além do que, é de suma importância na busca de empreendimentos lucrativos e de sucesso diante um mercado em fase extremamente competitiva.

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 e através dos resultados que foram obtidos neste trabalho e de todos os conhecimentos que foram adquiridos ao longo de sua realização, pode-se fazer algumas sugestões para o desenvolvimento de estudos futuros:

- Analisar os custos da execução de estruturas de concreto armado.
- Discutir a relação entre a qualidade do *layout* e da logística de canteiro de obras com a presença de programas de certificação da qualidade nas empresas.
- Estudar novas formas de controle e gerenciamento em estruturas de concreto armado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Standard Specifications for tolerances concrete construction and materials** – ACI Specification 117-06. 2006. Detroit, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.– **áreas de vivência em canteiro de obras** - NB-1367. Rio de Janeiro, 1991. 11p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de obras de concreto armado** – NBR 6118. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de estruturas de concreto** – Procedimento - NBR 14931. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15696 - **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto** — Projeto, Dimensionamento e Procedimentos Executivos, 2009.

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.

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.

BAÚ, Norley e MENDES JÚNIOR, Ricardo. **Avaliação da eficiência do planejamento durante a construção – estudo de caso em empreendimentos de edifícios populares de 4 andares.** IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu – Paraná. 7 a 10 de maio de 2002.

BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

Ballard, G. The last planner. In **Proceedings of the Spring Conference Northern California Construction Institute Publication**. Monterey: Lean Construction Institute. Disponível em: [http://www.leanconstruction.dk/media/18187/The\\_Last\\_Planner\\_.pdf](http://www.leanconstruction.dk/media/18187/The_Last_Planner_.pdf) Acessado em 27 out 2017.

\_\_\_\_\_. 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.

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. **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.

INTERNACIONAL COUNCIL FOR BUILDING RESEARCH. Contributions and discussions at the first CIB congress – **Accuracy of measurements and tolerances in the building industry: a general introduction**. A,R. Van Der Burg - CIB (1961) . Amsterdam, 1961.

ILLINGWORTH, J.R. **Construction: methods and planning**. London: E&FN Spon, 1993.

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.

\_\_\_\_\_. **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.

LEITE, Felipe Augusto Saad. **Adaptação do modelo de gestão de projetos do PMI aos empreendimentos da construção civil no Brasil:** subsetor edificações. Niterói – RJ, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção Civil) – Programa de pós-graduação e Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense.

LIMA, A.C.. **Gerenciamento de processo na execução do macroprocesso construtivo: um estudo de caso aplicado no processo estrutural.** Florianópolis, 1998. 144p. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) – Programa de pós- graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.

MATTOS. Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras.** São Paulo: Pini,2010.

MENDONÇA, Luiza Coimbra de. **Gerenciamento de Obras: PLANEJAMENTO E SUPRIMENTOS.** 2010. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade da Amazônia - Unama, Belém, 2010.

NASCIMENTO, Luiz Antônio; YAMAMOTO, Marco Antônio; CHENG, Liang Yee; SANTOS, Eduardo Toledo. **Análise da utilização de sistemas de gestão empresarial em empresas do setor de construção civil.** X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 18 a 21 de julho de 2004.

NEVES, Renato Martins das. **Algumas estratégias de produção adotadas pelas empresas de produção adotadas pelas empresas de construção civil.** Niterói, RJ. 1998. 8p. In Encontro Nacional de Engenharia da Produção. Niterói, 1998. Artigo técnico.

NOCÊRA, Rosaldo. **Planejamento de Obras Residenciais com MS-Project**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2008.

NR 18: **Condições de Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Brasília, 1990.

PBQP-H, Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. **Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil - SiAC**. 2005. Disponível em: <<http://www.pbqp-h.com.br/Downloads.aspx>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

OBATA, S. H. **Indicadores de Produtividade da Mão-de-Obra para a Moldagem de Estruturas de Concreto Armado e Indicadores de Qualidade dos produtos Moldados**. São Paulo, 2000. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo

SALGADO, Julio Cesar Pereira. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. 2º ed. rev. São Paulo: Érica, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

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, R. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. São Paulo, 1997. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 335p.

SUMIDA, Roberto. **Modelo de Acompanhamento de Obras Baseado em Indicadores**. 2005. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.

TAMAKI, M.R. **Organização e gestão de canteiro de obras na França. Relatório do segundo estágio de técnicos brasileiros – programa PBQP-H**. 2000. 71p.



TROTTA, Cezar Luciani. **Análise das áreas de vivência em canteiros de obra.** São Carlos: UFSCAR , 2011. Disponível em: <[http://www.deciv.ufscar.com.br/tcc/wa\\_files/TCC2011-cezas.pdf](http://www.deciv.ufscar.com.br/tcc/wa_files/TCC2011-cezas.pdf)>. Acesso em: 25 Out 2017.

VARALLA, R. **Planejamento e Controle de Obras.** O Nome da Rosa Editora. 118 pág. São Paulo: 2003.

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.