

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

Gestão da Produção do Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural

Adilson Franco Penteadó

**Campinas
2003**

**UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

Gestão da Produção do Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural

Adilson Franco Penteado

Orientador: Prof. Dr. Vladimir Antonio Paulon

200404877

Tese de Doutorado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações

Campinas, SP
2003
ii

Atesto que esta é a versão definitiva	
do licenciamento/tese	
Assinatura	
Assinatura	
MBA/0028	

IDADE / 92
CHAMADA TUNICAMP
P387g
EX
MBO BC/ 57354
DC 16.117-04
D α
ECO 21,00
TA 08/04/04
CPD

NO0195228-1

3 ID 313536

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

P387g **Penteado, Adilson Franco**
Gestão da produção do sistema construtivo em
alvenaria estrutural / Adilson Franco Penteado.--
Campinas, SP: [s.n.], 2003.

Orientador: Vladimir Antonio Paulon.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

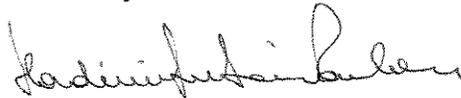
1. Alvenaria. 2. Planejamento. 3. Construção civil. I.
Paulon, Vladimir Antonio. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

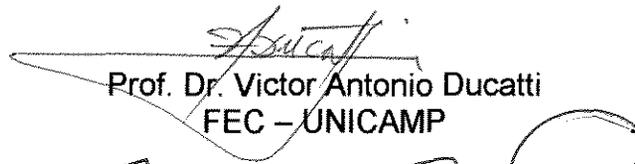
Gestão da Produção do Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural

Adilson Franco Penteado

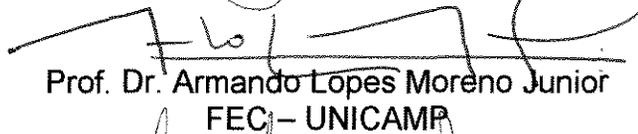
Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



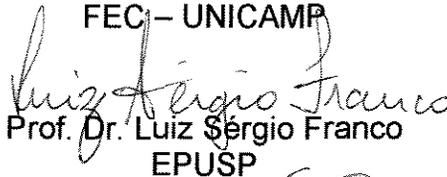
**Prof. Dr. Vladimir Antonio Paulon
Presidente e Orientador / FEC – UNICAMP**



**Prof. Dr. Victor Antonio Ducatti
FEC – UNICAMP**



**Prof. Dr. Armando Lopes Moreno Junior
FEC – UNICAMP**



**Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco
EPUSP**



**Prof. Dr. André Luiz Bortolacci Geyer
EEC – UFG**

Campinas, 03 de Dezembro de 2.003

Dedicatória

À minha esposa Marilsa, meus filhos Stella e Alexandre e meus pais Luiza e Carmo (in memorian).

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Vladimir Antonio Paulon, meu orientador e mentor pela amizade e dedicação ao longo desta jornada.

À Coordenadoria de Pós-Graduação, aos seus professores e funcionários, em especial a sua coordenadora Prof^a. Dra. Lucila Chebel Labaki, ao Prof. Dr. Vitor Antonio Ducatti e à Paulerman Maria da Conceição Mendes pela receptividade, orientação, atenção e dedicação.

Ao Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco pelo constante auxílio, amizade e incentivo na elaboração deste trabalho.

Aos amigos e engenheiros André Penteado e Luis Antonio Justo que, com dedicação e empenho, possibilitaram a execução desta pesquisa.

À Construtora Franco Penteado, aos seus funcionários, em especial a sua gerente Mirian Lúcia Bredariol Marchi e aos encarregados da obra Emílio Pancotto e João Alves de Souza pelo apoio recebido na realização desta obra, cujos resultados serviram de subsídios para a elaboração deste estudo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Justificativa.....	1
1.2. Objetivo.....	2
1.3. Estruturação do trabalho.....	4
2. RACIONALIZAÇÃO E GERENCIAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	7
2.1. Industrialização da Construção Civil.....	7
2.2. Racionalização Construtiva e Construtibilidade.....	11
2.3. Qualidade na Construção Civil.....	14
2.4. Relação entre Industrialização, Racionalização e Qualidade na Construção Civil.....	20
2.5. Gerenciamento na Construção Civil.....	22
2.5.1. Gerenciamento na Fase de Planejamento.....	24
2.5.1.1. Projetos.....	24
2.5.1.2. Tecnologia.....	44
2.5.1.3. Suprimentos.....	44
2.5.2. Gerenciamento na Fase de Execução.....	47

3. ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO.....	53
3.1. Conceitos Básicos e Noções Sobre o Funcionamento da Alvenaria Estrutural.....	53
3.2. Materiais Empregados.....	54
3.2.1. Blocos de Concreto.....	57
3.2.2. Argamassa de Assentamento.....	59
3.2.3. Graute.....	63
3.2.4. Aço.....	65
3.3. Diretrizes para o Desenvolvimento dos Projetos em Alvenaria Estrutural.....	65
3.3.1. Etapas de Projetos.....	66
3.3.1.1. Anteprojeto.....	66
3.3.1.2. Projeto.....	67
3.3.1.2.1. Modulações.....	68
3.3.1.2.2. Projeto Estrutural.....	70
3.3.1.2.3. Projetos Executivos.....	71
3.3.1.2.4. Detalhes Construtivos.....	72
3.3.1.2.5. Projetos de Instalações Prediais.....	74
3.3.1.2.6. Projeto para Produção.....	75
3.4. Execução de Obras em Alvenaria Estrutural.....	76
3.4.1. Implantação do Canteiro de Obras.....	76
3.4.2. Fundações.....	78
3.4.3. Estrutura de Transição.....	79
3.4.4. Execução das Alvenarias.....	79
3.4.4.1. Técnicas Usuais de Locação dos Blocos-Chave.....	79
3.4.4.2. Assentamento da Primeira Fiada.....	81
3.4.4.3 Elevação da Alvenaria.....	81
3.4.4.3.1. Ferramentas e Equipamentos.....	81
3.4.4.3.2. Estabelecimento do Prumo, Alinhamento e Nivelamento das Paredes.....	88
3.4.4.3.3. Assentamento dos Blocos Intermediários.....	89
3.4.4.3.4. Tratamento das Juntas.....	90
3.4.4.3.5. Grauteamento.....	91
3.4.4.4. Execução das Instalações.....	93
3.4.4.4.1. Instalações Elétricas e Telefônicas.....	93

3.4.4.4.2. Instalações Hidro-Sanitárias e Incêndio.....	95
3.4.4.5. Aberturas	95
3.4.4.6. Cintas de Amarração e Execução das Lajes	96
3.4.5. Laje de Cobertura	98
3.4.6. Revestimentos.....	99
3.5. Controle da Qualidade.....	100
3.5.1. Controle dos Materiais.....	100
3.5.1.1. Blocos de Concreto para Alvenaria Estrutural	100
3.5.1.2. Argamassas e Grautes	102
3.5.1.3. Ensaio de Prismas	103
3.5.1.4. Aços.....	103
3.5.2. Controle da Execução da Obra.....	103
4. GERENCIAMENTO DA CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO EM ALVENARIA	
ESTRUTURAL.....	109
4.1. Fase de Planejamento.....	111
4.1.1. Estudos Preliminares.....	113
4.1.2. Anteprojetos e Projetos.....	113
4.1.3. Suprimentos.....	120
4.1.4. Orçamento e Cronogramas	120
4.2. Fase de Execução.....	122
4.2.1. Implantação do Canteiro.....	123
4.2.2. Terraplenagem	126
4.2.3. Fundações.....	126
4.2.4. Estrutura de Transição.....	128
4.2.5. Execução das Alvenarias.....	129
4.2.6. Instalações Elétricas.....	136
4.2.7. Instalações Hidro-Sanitárias e Incêndio.....	138
4.2.8. Lajes, Escadas e Poço do Elevador	141
4.2.9. Esquadrias.....	143
4.2.10. Revestimentos	143
4.2.11. Outros Serviços	150
4.2.11.1. Aquecimento de Água.....	150

4.2.11.2. Impermeabilização.....	150
4.2.11.3. Pára-Raios.....	152
4.2.11.4. Patologias.....	152
4.2.12. Fatos Ocorridos Durante a Execução.....	154
4.2.12.1. Projetos.....	154
4.2.12.2. Detalhes Construtivos.....	154
4.2.12.3. Mão-de-Obra.....	156
4.3. Controle da Qualidade.....	157
4.3.1. Fase de Planejamento.....	157
4.3.2. Fase de Execução.....	157
4.3.2.1. Controle Tecnológico.....	159
4.3.2.2. Controle das Perdas.....	163
4.4. Resultado Final.....	170
5. DIRETRIZES E RECOMENDAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE UM EMPREENDIMENTO.....	171
5.1. Proposta de Roteiro para Gerenciamento do Empreendimento.....	174
5.1.1. Fases do Planejamento.....	174
5.1.1.1. Projetos.....	174
5.1.1.2. Tecnologia.....	176
5.1.1.3. Suprimentos.....	176
5.1.2. Fase de Execução.....	176
5.1.2.1. Organização da Produção.....	177
5.1.2.2. Gestão da Mão-de-Obra.....	178
6. CONCLUSÕES FINAIS.....	181
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	186

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. – Fatores Fundamentais para o Sucesso de um Empreendimento	3
Figura 2.1. – Qualidade Total na Indústria da Construção	20
Figura 4.1. – Quatro das Áreas do Edifício.....	110
Figura 4.2. – Planta Baixa do Pavimento Tipo.....	115
Figura 4.3. – Planta da Modulação do Pavimento Tipo	116
Figura 4.4. – Projeto Elétrico do Pavimento Tipo.....	117
Figura 4.5. – Projeto Hidráulico do Pavimento Tipo.....	118
Figura 4.6. – Elevações das Alvenarias do Pavimento Tipo.....	119
Figura 4.7. – Elevações da Fachada Frontal e dos Fundos do Prédio	120
Figura 4.8. – Orçamento por Etapas.....	121
Figura 4.9. – Cronograma Físico Inicial	121
Figura 4.10. – Implantação Geral do Canteiro da Obra.....	124
Figura 4.11. – “Layout” da Estocagem dos Materiais no 2º Subsolo	125
Figura 4.12. – Terraplenagem	126
Figura 4.13. – Concretagem do Tubulão	127
Figura 4.14. – Concretagem de Blocos e Vigas Baldrame	127
Figura 4.15. – Fôrmas das Vigas e Cimbramento do 2º Subsolo	128
Figura 4.16. – Vigas de Transição na Cobertura do Pavimento Térreo.....	129
Figura 4.17. – Execução da Primeira Fiada da Alvenaria.....	130
Figura 4.18. – Uso da Bisnaga para a Colocação da Argamassa	131

Figura 4.19. – Diversas Ferramentas para Execução da Alvenaria.....	132
Figura 4.20. – Fabricação de Vergas e Contravergas	133
Figura 4.21. – Vergas e Contravergas Instaladas nos Vãos das Janelas.....	133
Figura 4.22. – Colocação dos Batentes Metálicos.....	134
Figura 4.23. – Pingadeiras Juntamente com os Requadros das Janelas.....	135
Figura 4.24. – “Shaft” das Instalações Elétricas	136
Figura 4.25. – Blocos com as Caixinhas Elétricas já Instaladas.....	137
Figura 4.26. – Base para Proteção de Tubulação Hidráulica.....	138
Figura 4.27. – “Shaft” de Instalações Hidro-Sanitárias	139
Figura 4.28. – Detalhe da Rede de Esgoto.....	140
Figura 4.29. – Fôrma, Armação e Tubulação Elétrica da Laje do Pav. Tipo.....	141
Figura 4.30. – Execução da Escada de Concreto Moldada “in loco”	142
Figura 4.31. – Poço do Elevador – Detalhe das Ferragens de Proteção.....	142
Figura 4.32. – Instalação das Esquadrias de Alumínio.....	143
Figura 4.33. – Colocação da Tela Metálica Atrás dos Quadros Elétricos	144
Figura 4.34. – Colocação da Tela Metálica Entre Duas Paredes	145
Figura 4.35. – Aplicação de Gesso Liso na Laje e Paredes	146
Figura 4.36. – Execução do Revestimento Externo com Argamassa.....	147
Figura 4.37. – Assentamento dos Azulejos e Pisos Cerâmicos.....	148
Figura 4.38. – Execução da Pintura Externa com Textura à Rolo	149
Figura 4.39. – Execução do Revestimento em Pedra Tipo “Canjica”	150
Figura 4.40. – Impermeabilização das lajes Externas com Manta Asfáltica	151
Figura 4.41. – Detalhe do Procedimento dos Reparos.....	151
Figura 4.42. – Detalhe da Fissura na Parede Antes do Reparo	153
Figura 4.43. – Execução do Reparo da Fissura.....	153
Figura 4.44. – Controle Tecnológico do Concreto	160
Figura 4.45. – Controle Tecnológico dos Blocos de Concreto.....	160
Figura 4.46. – Controle Tecnológico da Argamassa de Assentamento	161
Figura 4.47. – Controle Tecnológico do Graute.....	161
Figura 4.48. – Ensaio de Aderência da Argamassa de Revestimento.....	163
Figura 4.49. – Perdas de Concreto Usinado.....	164
Figura 4.50. – Perdas de Blocos de Concreto	164

Figura 4.51. – Perdas de Argamassa de Assentamento	165
Figura 4.52. – Perdas de Graute Ensacado.....	165
Figura 4.53. – Perdas de Aço CA-50	166
Figura 4.54. – Perdas de Argamassa de Revestimento	166
Figura 4.55. – Perdas de Gesso Liso	167
Figura 4.56. – Cronograma Físico de Barras entre Previsto e Realizado.....	168
Figura 4.57. – Orçamento Comparativo entre o Previsto e Realizado.....	168
Figura 4.58. – Vista da Entrada Principal do Edifício Concluído.....	170

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. – Medidas e Procedimentos a Serem Tomados ou Verificados em Cada uma das Etapas.....	17
Tabela 2.2. – Atividades e Informações das Etapas de Projeto.....	26
Tabela 2.3. – Padrões e Definições para Controle da Qualidade do Projeto.....	40
Tabela 2.4. – Algumas Normas Relacionadas a Projeto	42
Tabela 2.5. – Algumas Normas de Especificação de Materiais de Construção.....	45
Tabela 2.6. – Gerenciamento de Obras.....	48
Tabela 4.1. – Controle Tecnológico da Argamassa de Revestimento	162
Tabela 4.2. – Comparativo do Custo do Metro Quadrado de Construção	169
Tabela 5.1. – Tópicos para o Gerenciamento de um Edifício	180

RESUMO

Penteado, Adilson Franco. Gestão da Produção do Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 190 páginas. Tese

O presente trabalho de cunho tecnológico propõe o gerenciamento total do empreendimento, desde a fase de planejamento (projetos, tecnologia e suprimentos) até a execução (organização da produção e gestão da mão-de-obra) como instrumento efetivo para seu sucesso, utilizando o sistema construtivo racionalizado em alvenaria estrutural de blocos de concreto. Este sistema, comparado aos processos tradicionais é extremamente vantajoso em termos de custo e prazo, mas seu processo produtivo ainda precisa ser aperfeiçoado e para tanto apresenta-se o gerenciamento como a ferramenta para se alcançar a melhoria da produtividade e qualidade na produção da edificação. O gerenciamento da construção de um edifício de 16 pavimentos foi o meio utilizado para aplicação dos procedimentos, técnicas e avaliações, onde foi comprovado que esta ferramenta é essencial para o sucesso do empreendimento. As diretrizes e recomendações práticas apresentadas são de grande valia para o gerenciamento de novos empreendimentos.

Palavras Chave: Alvenaria Estrutural, Gerenciamento, Racionalização, Qualidade.

ABSTRACT

The present work of a technological matrix considers the enterprise total management since the planning phase (projects, technology and supplies) until its execution (production organization and workmanship management) as an effective instrument for its success, using the rationalized constructive system in structural masonry of concrete blocks. This system, compared to the traditional processes is extremely advantageous in terms of cost and time, but its productive process still needs to be improved and for such a way the management is presented as the tool to reach the improvement of the productivity and the quality in the construction production. The management of the 16 floors building construction, was the way used for the procedures application, techniques and evaluation, where it was proved that this tool is essential for the enterprise success. The presented lines of direction and practical recommendation, are of great value for the management of new enterprises.

Keywords: Structural Masonry, Management, Rationalization, Quality.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa

Atualmente, em função da competitividade, abertura de mercado e seguindo a tendência global, o interesse por sistemas construtivos racionalizados vem crescendo no Brasil, pois estes permitem aumentar a qualidade da obra, gerando benefícios com menor custo e maior produtividade, se comparados aos sistemas construtivos tradicionais.

Existem cinco fatores fundamentais que devem ser seguidos para garantir o sucesso de um empreendimento. São eles: Projetos, Tecnologia, Suprimentos, Organização da Produção e Gestão da Mão-de-Obra, conforme Barros (1996).

O que se observa é que normalmente não são seguidos todos os cinco fatores na execução de uma obra, provavelmente por falta de diretrizes para objetivá-los, ocasionando-se com isto um empreendimento sem o sucesso desejado. Portanto a seguir, apresenta-se como proposta deste trabalho, as ferramentas fundamentais para se alcançar os objetivos desejados.

O trabalho apresenta um sentido bastante prático e aplicativo de grande cunho tecnológico.

1.2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é mostrar que o gerenciamento é a ferramenta para se fazer cumprir todos os cinco fatores e obter um empreendimento de sucesso, bem como fornecer diretrizes e recomendações que capacitarão os técnicos e construtores a empregarem corretamente e de maneira prática o gerenciamento, desde a fase de planejamento até a fase de execução de uma obra.

Analisando-se os fatores (projetos, tecnologia, suprimentos, organização da produção e gestão da mão-de-obra), individualmente, constata-se que alguns referem-se à fase de planejamento e outros à fase de execução do empreendimento. Por isso, entende-se que o sucesso desta proposta, ou seja, fazer cumprir os cinco fatores, é de acompanhá-los estritamente, desde a fase de planejamento até a fase de execução de uma obra. Buscando a forma de implantá-los, entende-se que a ferramenta ideal, é o gerenciamento de todo o sistema construtivo de um empreendimento.

Inicialmente, deve-se analisar cada fator e enquadrá-lo na respectiva fase do empreendimento. Após esta análise detalhada, concluí-se que a melhor proposta seria que projetos, tecnologia e suprimentos seriam definidos na fase de planejamento; enquanto que a organização da produção e a gestão da mão-de-obra estariam na fase de execução.

Partindo deste princípio, ou seja, após dividido o empreendimento em fases de planejamento e execução, e alocados os fatores às respectivas fases, necessita-se buscar uma forma de comprovar esta proposta. Foi escolhido, então, como meio de comprovar esta tese, a construção de um edifício em alvenaria estrutural de blocos de concreto de 16 pavimentos, construído numa cidade do interior do Estado de São Paulo. O motivo desta escolha é que este empreendimento possui as características importantes a serem avaliadas, é uma obra de médio porte, com um sistema construtivo

racionalizado, que comporta um gerenciamento, desde a fase de planejamento até a execução. Como a proposta deste trabalho é uma aplicação prática do gerenciamento efetivo das fases de projeto, da tecnologia e especificação dos materiais, organização da produção e treinamento da mão-de-obra, pretende-se provar, no final deste trabalho, que se existir um gerenciamento eficiente, desde a fase do planejamento até a execução de um empreendimento, certamente serão respeitados os cinco fatores: projetos, tecnologia, suprimentos, organização da produção e gestão da mão-de-obra, e conseqüentemente terá alcançado o grande objetivo, o sucesso do empreendimento, conforme mostra a figura abaixo:

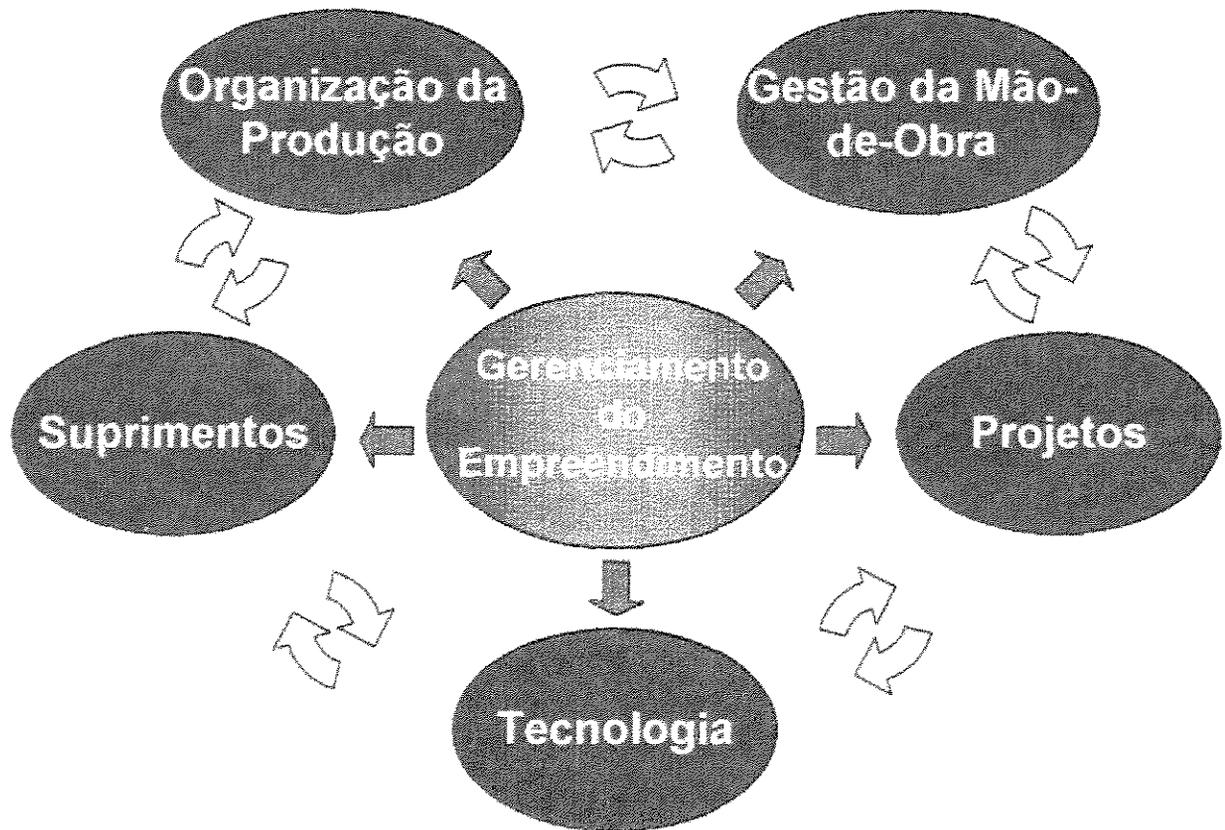


Figura 1.1. – Fatores Fundamentais para o Sucesso de um Empreendimento.

1.3. Estruturação do Trabalho

Para atingir os objetivos propostos, o tema é desenvolvido em 4 capítulos, além da introdução e conclusão.

Nos capítulos 2 e 3, apresenta-se o embasamento teórico da tese baseado em pesquisas bibliográficas, ou seja, no capítulo 2, conceitua-se a industrialização da construção civil, dando um espaço especial à qualidade, que é fator importantíssimo da obra, onde deve-se considerar as legislações referentes às responsabilidades técnicas dos profissionais desta área de atuação, ao código de defesa do consumidor, ao impacto ambiental e ao tratamento e redução do entulho gerado pelas obras (o que levará à diminuição dos desperdícios e o aproveitamento máximo dos insumos) e às condições de segurança do trabalho. Em seguida, conceitua-se a racionalização da construção civil, enfoque este necessário, principalmente porque a obra escolhida neste trabalho, é um sistema construtivo racionalizado. A seguir, faz-se uma comparação entre estes três temas, industrialização, qualidade e racionalização para os esclarecimentos necessários antes do aplicativo.

Como exposto anteriormente, como a proposta deste trabalho é o papel do gerenciamento na construção civil, no final do capítulo 2, é apresentado um estudo conceitual do gerenciamento.

Após o embasamento teórico destes conceitos técnicos, como foi o sistema escolhido para a construção do edifício, o capítulo 3 apresenta o sistema construtivo racionalizado de alvenaria estrutural de blocos de concreto, onde trata de conceitos teóricos aplicados à alvenaria estrutural, sendo: conceitos básicos e noções sobre o funcionamento da alvenaria estrutural; os materiais empregados; diretrizes para desenvolvimento dos projetos; execução de obras e o controle da qualidade. Convém salientar que deve-se considerar este capítulo como uma proposta no sentido do gerenciamento do projeto e execução, haja vista que existem estudos específicos e

bastante aprofundados sobre cada item deste. Os resultados práticos e as aplicações deste gerenciamento serão apresentados no capítulo 4.

No capítulo 4, utilizando as premissas teóricas e as de cunho eminentemente tecnológicos, é aplicada uma metodologia para caracterizar o papel efetivo do gerenciamento da construção, passando pela fase de planejamento até a fase de execução, onde são verificados vários detalhes construtivos e recomendações técnicas para a alvenaria estrutural de bloco de concreto.

Na fase de planejamento, é mostrado que o gerenciamento é necessário, desde a escolha da equipe de projetistas das variadas áreas de atuação, participação nas reuniões que definem os requisitos para a escolha do partido adotado até a escolha do processo construtivo. É necessário também a coordenação para a equalização dos subsistemas para se garantir um projeto coeso e sem defeitos de interposição, bem como ter domínio total da tecnologia adotada. Também o gerenciamento é importante na análise e especificações dos materiais, pois isto pode ser determinante no padrão da construção e na escolha e no treinamento da mão-de-obra. O gerenciamento deve acompanhar a fase de orçamento e programação da obra, pois atualmente o custo é primordial na viabilização do empreendimento. A fase de programação, através de cronogramas físicos e financeiros, de barras e malhas, são ferramentas importantes para a garantia do binômio custo-prazo na execução de uma obra.

No gerenciamento da execução da obra, ou seja, organização da produção e gestão da mão-de-obra são mostrados a preocupação com as instalações do canteiro, com a locação dos materiais e equipamentos até o processo de execução (maneira de fazer) para atender as especificações dos projetos.

Mostra-se que o gerenciamento é necessário para atender todos estes cinco fatores, porém não é feito por um único profissional, e sim por uma empresa que possui especialistas em cada área, diretamente inter-relacionados entre si, sendo que normalmente existe um ou mais profissionais que gerenciam a fase de planejamento e

outros diferentes que gerenciam a fase de execução. Embora seja raro, podem existir profissionais que gerenciam todo o empreendimento.

No final do capítulo 4, são apresentados os resultados práticos e efetivos obtidos neste empreendimento, objeto do estudo, referentes a controles tecnológicos e de perdas, custo real da obra, prazo de execução, que se comparados com os valores especificados em projetos, adotados por fabricantes, orçados e de mercado, comprova-se o sucesso do empreendimento e, conseqüentemente, o sucesso da proposta desta tese, ou seja, se houver um gerenciamento em todas as fases do empreendimento, desde o planejamento até a execução, haverá garantia da viabilização dos cinco fatores que garantem o sucesso do empreendimento.

No capítulo 5, são apresentadas as diretrizes e as recomendações, de forma bastante resumida e prática para viabilização dos cinco fatores para obtenção do sucesso do empreendimento. Acredita-se que seja uma importante colaboração, como aplicativo para a indústria da construção civil.

Finalmente, apresenta-se a conclusão do trabalho, mostrando os resultados conseguidos, bem como sugestões de novos temas, objetos de futuros estudos.

2. RACIONALIZAÇÃO E GERENCIAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Neste capítulo, é feito um estudo sobre alguns dos conceitos relacionados à evolução e modernização da construção civil, como industrialização, racionalização e qualidade, dando-se uma atenção especial à racionalização construtiva, que serviu para implantação, tanto da industrialização como da qualidade nas construções.

Finalmente neste capítulo, são mostrados alguns conceitos sobre o gerenciamento das etapas do ciclo do empreendimento, desde a fase de planejamento até a fase de execução.

2.1. Industrialização da Construção Civil

Na construção civil, predominam as técnicas e materiais tradicionais, cuja trajetória de evolução ao longo do tempo não acompanhou a dos demais setores industriais.

A oposição sistemática a qualquer inovação é gerada pelo fato de se acreditar que a implantação da industrialização só é possível a partir de sistemas complicados e profundas mudanças, implementados com grande volume de capital, o que o torna incompatível com a baixa capacidade de investimentos verificada nas últimas décadas.

Hoje é imperativo se trabalhar com a industrialização da construção civil, devido à escassez de recursos e à crescente demanda de construções de qualidade, com custos compatíveis em face da grande competitividade.

A industrialização de ciclo aberto (onde a produção de elementos e componentes em série é de “forma industrial”, que podem ser associados em composições variadas, dependendo do talento e capacitação do projetista), é hoje o sistema mais atual nos países em que o mercado é realmente competitivo, conforme Franco (1992).

Cada obra tem suas especificidades próprias e a necessidade de se consolidar parâmetros de desempenho, leva à necessidade, além de se utilizar peças industrializadas, a fazer-se um planejamento e organização próprias; desenvolve-se métodos em função da disponibilidade de materiais e mão-de-obra.

Segundo Sabbatini (1989), a Industrialização da construção civil é um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle objetivam incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva.

A crescente utilização de novos processos construtivos, como o freqüente aparecimento de problemas patológicos dos mais diversos tipos, surgiu a necessidade de aplicação de metodologias de avaliação destes sistemas que permitissem comparar a disposição dos mesmos para atender às necessidades dos usuários. As ações organizacionais, levando em consideração o conceito de Desempenho, Técnicas, Métodos, Processos e Sistemas Construtivos contribuirão efetivamente para a elevação do nível da industrialização. O conceito de desempenho foi definido pelo CIB (Conseil International du Bâtiment, 1975) como sendo “o comportamento de um produto em utilização”. Esta conceituação é aceita pelo meio técnico em todo o mundo. O caráter

não prescritivo deste conceito o torna atual e moderno, independente do local e da época de aplicação, conforme Franco (1992).

Embora tenha sido introduzido no Brasil no fim dos anos setenta e difundido através do esforço de normalização por entidades como a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), este conceito não é ainda plenamente utilizado e entendido pelo meio técnico. Pode-se citar, de uma maneira geral, que os códigos de obras brasileiros são completamente ultrapassados e que não incorporam nada de desempenho em sua legislação.

O conceito de desempenho vem com a definição das "exigências do usuário", isto é, o conjunto de necessidades dos usuários (pessoas, animais ou objetos) a serem satisfeitas pelo edifício, a fim de que este cumpra a sua função. A expectativa do usuário final se torna objetivo do empreendimento. Os requisitos e critérios de desempenho formam a base para que medidas efetivas mensuráveis, de caráter técnico, possam ser adotadas.

Os conceitos de técnicas, métodos, processos e sistemas construtivos foram analisados detalhadamente por Sabbatini (1989), que propôs as definições apresentadas a seguir:

- a) Técnica Construtiva: Um conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma construção;
- b) Método Construtivo: Um conjunto de técnicas construtivas independentes e adequadamente organizadas, empregado na construção de uma parte (subsistema ou elemento) de uma edificação;
- c) Processo Construtivo: Um organizado e bem definido modo de se construir um edifício. Um específico processo construtivo caracteriza-

se pelo seu particular conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações do edifício (invólucro);

- d) Sistema Construtivo: Um processo construtivo de elevado nível de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo.

Conforme a conceituação, a definição de técnica construtiva está associada às operações elementares nas quais se pode dividir a execução do edifício (colocação de uma porta, execução de uma parede).

Segundo Sabbatini (1989), o processo construtivo possui nível hierárquico superior ao termo método construtivo. Assim, o processo construtivo é uma maneira específica de construir um edifício (o todo) e o método construtivo é o conjunto de técnicas ordenadas de forma a se construir um elemento, um componente ou um subsistema (as partes). Desta forma, são exemplos de métodos construtivos as operações para a execução de uma laje ou das paredes do edifício e de processo construtivo, o conjunto coerente e ordenado daqueles métodos, como no processo construtivo de alvenaria estrutural de blocos de concreto que contempla uma forma definida de se construir um edifício.

Aos sistemas construtivos estão associados um nível superior de organização entre as partes ou “um processo construtivo de superior complexidade, muito bem definido e tecnologicamente mais avançado”, conforme Sabbatini (1989).

Após as definições, o caso estudado e apresentado caracteriza-se como um sistema construtivo em alvenaria estrutural de blocos de concreto.

2.2. Racionalização Construtiva e Construtibilidade

Aumentar a produtividade e o nível de produção com a melhoria das operações e das atividades envolvidas na execução de edifícios é uma preocupação cada vez mais intensa, podendo-se encontrar exemplos isolados de empresas que estão apreensivas em potencializar esse tipo de construtibilidade. No entanto, cabe ressaltar que, paralelamente a estas idéias, a racionalização construtiva também é extremamente necessária visto que apresenta como objetivo a diminuição dos desperdícios e o aproveitamento máximo dos insumos.

Estas ações adquirem as mais diversas formas que vão, desde a procura por inovações tecnológicas no mercado externo, segundo Souza (1990) à utilização de métodos construtivos otimizados para execução de um determinado subsistema do edifício, conforme Lourdes (1990) ou ainda à utilização de um conjunto de técnicas aprimoradas para garantir o sucesso na construção de um edifício, segundo Integração (1990).

Na análise realizada por Farah (1992), as propostas de racionalização surgiram no âmbito da proposta de industrialização do setor e a idéia de racionalização surgiu do “taylorismo” que constitui-se historicamente na primeira proposta sistemática de aumento de produtividade.

Numa análise sobre atualização tecnológica, o Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) (1988) conclui que “através de processo de racionalização, as empresas procuram obter ganhos de produtividade e minimizar os custos e prazos, sem uma ruptura da base produtiva que caracteriza o setor”.

Por outro lado, a racionalização pode ser entendida de uma maneira mais específica, como a otimização das atividades construtivas. Neste caso, aplicam-se os princípios de racionalização às técnicas e métodos construtivos, como forma de se

alcançar um melhor resultado no desenvolvimento destes empreendimentos específicos, conforme relata Franco (1992).

Segundo Rosso (1980), racionalizar a construção civil significa “agir contra os desperdícios de materiais e mão-de-obra, e utilizar mais eficientemente o capital”. Comenta ainda que isso se faz através da aplicação de princípios de gerenciamento e planejamento, com o objetivo de eliminar a casualidade das decisões.

Sabbatini (1989) distingue a racionalização como “ferramenta da industrialização”. A partir desta posição, define: “Racionalização Construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases”.

O conceito de racionalização apresenta aspectos que vão em direção ao conceito de industrialização, tanto no que diz respeito aos objetivos quanto à forma de implementação. Desta forma, poder-se-ia considerar as ações de organização utilizadas na industrialização como “medidas de racionalização”, conforme Franco (1992).

A racionalização de um empreendimento implica na aplicação dos princípios que abrangem, desde as fases da concepção, devendo englobar uma mudança de postura de “como resolver os problemas” por parte dos envolvidos. A preocupação quanto a uma posição mais abrangente na aplicação dos princípios da racionalização construtiva, para se atingir os resultados esperados, é também exposta por Rosso (1980), que afirma que as ações de racionalização, no canteiro de obras, “são fadadas ao insucesso” quando resultam de intervenções isoladas.

A “construtibilidade” possui posições comuns com o conceito de racionalização construtiva. O’Connor e Tucker (1986) fazem a seguinte interpretação: “a construtibilidade é entendida como a habilidade das condições do projeto permitir a ótima utilização dos recursos da construção”. Este ponto de vista particulariza a

aplicação de ações à fase do projeto com o objetivo de racionalização da construção, mostrando a convergência entre estes conceitos.

Segundo o CII – Construction Industry Institute (1986), a construtibilidade (“constructability”) é “o uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planejamento, projeto, contratação e da operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento”. Esta definição é importante no envolvimento das pessoas que tenham experiência e conhecimento em execução das construções, desde as etapas iniciais do empreendimento, para se conseguirem os maiores benefícios, como a redução do custo. Lembra também a importância da participação de todos os profissionais envolvidos com a execução e com a elaboração dos projetos.

Ações para implementação da construtibilidade proposto por O’Connor e Tucker (1986):

- Orientação do projeto para a execução;
- Comunicação efetiva das informações técnicas;
- Otimização da construção com a geração de técnicas construtivas;
- Recursos efetivos de gerenciamento e normalização;
- Melhoria dos serviços dos sub-empregados;
- Retorno do construtor ao projetista.

Entre alguns dos benefícios proporcionados pela implantação da construtibilidade destacam-se a diminuição das tarefas na construção; a diminuição das

dificuldades durante a construção; reconhecimento das limitações e práticas locais e melhoria dos métodos construtivos e da tecnologia, segundo Tatum (1987).

Enfocando o conceito de construtibilidade, segundo a execução, O'Connor e Davies (1988) consideram o “do desenvolvimento e efetiva utilização de métodos construtivos inovadores que simplificam a execução e reduzem os custos do empreendimento”.

Conforme Juran e Gryna (1991), a construtibilidade “mede até que ponto o projeto do produto pode ser prontamente executado com os recursos disponíveis”. Destacam também que embora esta propriedade não tenha importância para os “clientes externos” é de importância fundamental para os “clientes internos”.

2.3. Qualidade na Construção Civil

A construção civil tem sido pressionada, nos últimos anos, na implantação de certificação e de programas de melhoria da qualidade de seus produtos e processos em função de uma política industrial que procura incentivar a competitividade, a abertura de mercado, acompanhando o processo de globalização.

Quando se busca a qualidade deve-se utilizar criatividade e capacidade de análise para aplicação das “teorias” na indústria da construção civil. Devemos estar sempre abertos às teorias que propõem mudanças, mas devemos, também, estarmos atentos às conseqüências práticas de sua aplicação e ainda considerar a realidade local e a das empresas. Este fato se deve às peculiaridades da construção em relação à indústria de transformação, a partir da qual nasceram e se desenvolveram os conceitos e metodologias relativas à qualidade, o que também é reconhecido por Rounds e CHI (1985).

Além desses aspectos, é importante ressaltar que a cadeia produtiva que forma o setor da construção civil é bastante complexa e heterogênea. Os insumos com marcas de conformidade e selos de qualidade vêm cobrir uma lacuna no controle da qualidade e deve-se sempre ter como objetivo a qualidade final do produto edificado.

Somente nas grandes obras pratica-se o controle de qualidade sobre alguns insumos, mesmo assim de forma incipiente e, em alguns casos o controle sobre produtos ou serviços acabados. O que confirma a afirmativa é a predominância quase absoluta das normas e especificações sobre materiais e componentes, em relação às normas sobre processo de produção no Brasil, conforme Franco (1992).

Segundo Dias (1990), "tradicionalmente, o controle de qualidade da construção tem-se identificado com a fiscalização periódica na obra e a realização de alguns ensaios".

Segundo Franco (1992), a "participação é o caminho para a implementação da qualidade nas construções, pois sem uma efetiva participação e colaboração de todas as pessoas envolvidas, desde os níveis mais elevados da administração até o operário responsável pela produção, muito dificilmente se consegue aperfeiçoar a produção, introduzir ou desenvolver inovações e aumentar o nível de produtividade do setor".

A qualidade da construção civil deve ser analisada também sob a ótica do Código de Defesa do Consumidor (1990), que estabelece uma série de regras para a relação produtor/consumidor. O código impõe sanções pesadas aos projetistas, fabricantes e construtores no caso de ocorrerem falhas no produto em uso ou vícios de construção, bem como veda a colocação no mercado de produtos e serviços em desacordo com as normas técnicas brasileiras, elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Institucionalmente, está em vigor o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (1995), cujo objetivo é apoiar e buscar a modernidade. Cabe ressaltar

que a segurança e a higiene no ambiente de trabalho também devem ser integrados às especificações e aos procedimentos, incluindo as prescrições da NR 18 – Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção (1977).

Certamente, essas ações devem ser implementadas em conjunto pela integração dos procedimentos da Qualidade, da Segurança e Saúde e do Meio Ambiente, num Sistema de Gestão, que vise à melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores, assim como a melhoria dos processos, produtos e serviços da preservação do meio ambiente.

A norma NB 9004 (ABNT, 1990) utiliza também um “ciclo de qualidade”, como estratégia de implantação. Neste ciclo e nas normas que tratam dos sistemas da qualidade, identificam-se claramente as etapas dos projetos, o desenvolvimento, a produção, a instalação e a assistência técnica. Nota-se portanto a utilização de um procedimento cíclico, com a retroalimentação para a continuidade e efetividade de aplicação do sistema.

Messeguer (1989) divide o empreendimento na construção civil em cinco etapas distintas, sobre às quais são aplicadas as ações de implementação da garantia da qualidade. Estas etapas são diferenciadas, tanto do ponto de vista dos agentes intervenientes, como no objetivo a ser alcançado dentro da execução do empreendimento. Estas etapas compreendem:

- A viabilização do empreendimento;
- Os projetos;
- A fabricação dos materiais e componentes;
- A construção;
- A utilização.

Conforme Franco (1992), “outra fundamental definição para o estabelecimento de estratégias para a aplicação de políticas da qualidade é quanto ao objeto de suas ações. Em particular, para a construção civil, é comum não se definir claramente qual o objeto sobre o qual as ações da qualidade vão intervir, se sobre o produto (o edifício) ou sobre o processo de produção”. Franco ainda diz que “a clara definição, dentro de cada etapa de produção, do objeto do controle da qualidade define de uma melhor forma as metas a serem atingidas em cada etapa e para o empreendimento como um todo”. Então, adotando as etapas definidas por Messeguer (1989), passaríamos a ter dez situações bem definidas, nas quais poderíamos dividir a aplicação das medidas de implementação da qualidade, conforme tabela 2.1.

Tabela 2.1. – Medidas e procedimentos e serem tomados ou verificados em cada uma das etapas. (Fonte: Franco, 1992)

Etapa	Objeto	
	Produto	Processo
Viabilidade	Necessidade da construção; Retorno financeiro.	Adequabilidade dos processos e equipamentos disponíveis; Necessidade de desenvolvimento de tecnologia.
Projeto	Detalhamento do produto	Plano de execução (projeto do processo)
Fabricação de Materiais	Características técnicas desejáveis (resistência, modulação etc.)	Característica que interferem na produtividade; Equipamentos especiais
Construção	Controle das características da construção (nível, prumo etc.)	Desperdício de materiais; Produtividade
Uso	Manutenção	Acessibilidade

Nota-se que para elevar os padrões de qualidade do setor da construção civil, deve-se articular esses diversos agentes do processo e comprometê-los com a qualidade de seus processos e produtos parciais e com a qualidade do produto final, cujo objetivo é satisfazer às necessidades do usuário.

Um dos avanços verificados no campo da qualidade foi a identificação da importância dos fatores humanos e dos aspectos de organização e gestão da empresa na obtenção da satisfação total dos clientes externos. Com isso, conclui-se que a normalização, a padronização e o controle da qualidade de produtos e processos são condições necessárias, mas não suficientes para se obter a qualidade, conforme CTE (Centro de Tecnologia de Edificações, 1992).

Na indústria da construção civil, inúmeras pesquisas realizadas em obras que apresentaram falhas e patologias construtivas identificam erros não só técnicos, mas também de caráter humano, de organização e de gestão das empresas. Messeguer (1989) classifica esses erros:

a) Fatores Técnicos:

- Planejamento;
- Projeto;
- Fabricação de Materiais;
- Execução;
- Manutenção.

b) Fatores de Gestão e Organização:

- Comprometimento da Alta Administração;
- Definição de Responsabilidades e Autoridade;
- Marketing;
- Informação e Comunicação;
- Seleção e Contratação;
- Condições de Trabalho.

c) Fatores Humanos:

- Formação;
- Motivação;
- Negligência;
- Excesso de Confiança;
- Intencionais.

Portanto, nos programas de Qualidade Total deve-se aplicar os conceitos e as metodologias da qualidade aos processos técnicos e administrativos das empresas, valorizando-se a capacidade criativa e de auto-controle dos funcionários. Resumindo-se as idéias gerais contidas neste item e que se relacionam à Qualidade Total, podemos ilustrar, conforme figura 2.1.



Figura 2.1. – Qualidade Total na Indústria da Construção

2.4. Relação entre Industrialização, Racionalização e Qualidade na Construção Civil

Os conceitos de industrialização, racionalização e qualidade têm como objetivos comuns:

- a) Aumento do nível de produção e de produtividade;
- b) Diminuição de custos e desperdícios;
- c) Incremento no desempenho e diminuição de ocorrências patológicas.

Concluí-se que a relação entre os conceitos é total, pois foi esta finalidade que as ações centradas em tais conceitos foram aplicadas na construção civil, nas últimas décadas. Verifica-se que as ações devem ter como visão o empreendimento como um todo, considerando-se os aspectos operacionais e organizacionais.

Quanto à abrangência, momento para atuação e táticas da aplicação, podemos relacioná-los da seguinte forma, segundo descreve Franco (1992):

- a) Abrangência entre os Conceitos: Em uma ordem crescente, o conceito da racionalização é o primeiro, porque embora a “ação organizacional” deva estar presente em todas as fases do empreendimento, quase sempre privilegia apenas algumas das etapas como projeto e execução. A industrialização entendida como “ação essencialmente organizacional” deve ser implementada para uma maior eficiência final e todo o processo que vai das fases de concepção à produção. Por último e sendo a mais abrangente, tem-se o conceito da qualidade, que engloba além de todo o ciclo produtivo, a fase de utilização e é essencial que do ciclo da qualidade participe o usuário final;

- b) Momento para Atuação: O mais crítico é o conceito da industrialização por caracterizar-se por uma profunda mudança na base produtiva. A qualidade, por sua vez, caracteriza-se pela mudança na forma organizacional de se encarar os empreendimentos, também se deve escolher o melhor momento e a maneira de sua efetivação para se obter os resultados mais compensadores. A racionalização construtiva permite que modificações sejam feitas de forma contínua e, desta maneira, sua implantação não se choque diretamente com as práticas em uso;

- c) Táticas de Aplicação: Pode-se exprimir que a melhoria do processo de produção do projeto é essencial, tanto para a implantação da industrialização, como para a aplicação das diretrizes de racionalização ou para o incremento da qualidade, tanto dos produtos, como dos processos de produção. Também nas etapas de produção do edifício, podem ser identificadas semelhanças nos aspectos de organização da produção, que é comum às três ações.

A industrialização, a racionalização e a qualidade prevêm, também, uma contínua e ininterrupta evolução tecnológica dos processos construtivos e a valorização e formação, treinamento e motivação da mão-de-obra. A definição, por parte da sociedade, das exigências funcionais e regras de qualidade mínima das construções, ligadas à otimização do emprego dos recursos disponíveis tanto de materiais, equipamento, mão-de-obra e recursos financeiros, caracterizam a racionalização construtiva.

Segundo Franco (1992), estas ações constituem-se, além do aumento do nível de racionalização dos processos, mais um passo no sentido do aumento do nível de industrialização destes, bem como uma etapa na implantação da filosofia da qualidade.

2.5. Gerenciamento da Construção Civil

A implantação de um empreendimento (edifício) envolve, cada vez mais, itens complexos que vão surgindo de forma crescente em termos de engenharia e gerenciamento.

Gerenciar é sinônimo de liderar e liderar significa mobilizar esforços, atribuir responsabilidades, delegar competências, motivar, debater, ouvir sugestões, compartilhar os objetivos, informar, transformar grupos em verdadeiras equipes. A mentalidade da participação é importante e esta fortalece grandes decisões, mobiliza

forças e gera o compromisso de todos com os resultados, ou seja, a responsabilidade. O principal objetivo é conseguir o efeito sinergia, em que o todo é maior do que a soma de todas as partes, segundo Yazigi (1998).

A gerência de processos tem a missão de atender às necessidades dos clientes / usuários, pela produção de bens / serviços, gerados a partir de insumos recebidos de fornecedores e beneficiados e/ou manufaturados com recursos humanos e tecnológicos. O grande processo se divide em sub-processos, até a tarefa individual. Os processos se interligam, formando cadeias cliente-fornecedor. Exemplo, em uma obra, quem prepara a argamassa de assentamento é o fornecedor de quem assenta o bloco (cliente) que, por sua vez, é o fornecedor de quem executa a próxima etapa da produção (revestimento).

No gerenciamento das etapas de um empreendimento, ou seja, as fases de planejamento e execução, temos que buscar a integração e desenvolvimento com eficiência nos projetos, suprimentos, tecnologia, organização da produção e gestão da mão-de-obra. Cabe ao gerenciamento superar todas as dificuldades e desafios, solucionando os problemas em termos de atividades, interferências e interdependências, além de vencer as resistências internas das empresas.

Adotando-se um Sistema de Gerenciamento, os objetivos principais são:

- Todas as metas devem ser cumpridas durante as fases de planejamento e execução;
- A otimização dos desempenhos técnicos e de produções;
- A compatibilização dos custos.

2.5.1. Gerenciamento na Fase de Planejamento

2.5.1.1. Projetos

As etapas de projetos preliminares, básicos, executivos e legais são levadas em consideração. É fundamental que se adote um critério, dando maior peso à parte técnica, premiando-se soluções embutidas no projeto em termos de qualidade, prazos e custos. A variação no custo do projeto é relativa ao custo final do empreendimento, conforme Netto (1988).

É na fase de projeto que são estabelecidas todas as diretrizes para o desenvolvimento do empreendimento. As decisões do projeto detêm um grande potencial de racionalização do processo de execução e tem reflexos na produtividade do processo de construção. A qualidade da solução do projeto determinará a qualidade do produto e conseqüentemente condicionará o nível de satisfação dos usuários finais, conforme Souza et al. (1995).

As soluções adotadas nesta etapa têm grande influência sobre os custos totais da produção. Portanto, já nos estudos preliminares, bem como na concepção do anteprojeto e, posteriormente, do projeto arquitetônico, devem estar presentes as preocupações com a simplificação de métodos e técnicas requeridas, com os custos e desperdícios advindos da escolha de determinado sistema construtivo e as implicações deste nos vários projetos complementares (estrutural, hidráulico etc.), segundo Escrivão (1998).

Para se ter a qualidade da solução e da descrição do projeto, é necessário controlar a qualidade de sua elaboração. Para isto, deve-se estabelecer diretrizes para o desenvolvimento do projeto, garantir a coordenação e a integração entre os vários projetos, exercer a análise crítica dos recursos e controlar a qualidade quando do

recebimento do projeto. Segundo Souza et al. (1995), a função qualidade na etapa de projeto está relacionada aos seguintes aspectos:

a) Qualidade na Solução do Projeto:

- Qualidade do produto final;
- Facilidade de construir;
- Custos.

b) Qualidade na Descrição do Projeto:

- Projeto executivo;
- Memoriais;
- Especificações técnicas.

c) Qualidade no Processo de Elaboração do Projeto:

- Diretrizes de projeto;
- Integração entre projetos;
- Análise crítica do projeto;
- Controle de recebimentos.

O pacote de informações de um projeto deve incluir, além das especificações do produto a ser construído, as especificações de recursos e estratégias necessárias

para executar o seu processo de construção, segundo Escrivão (1998). Além disso, a programação de todas as etapas da obra deve estar integrada entre os vários projetos parciais que compõem o empreendimento (projetos de arquitetura, de estruturas e de instalações) para garantir a continuidade da obra.

O processo de informatização e o advento de novas tecnologias sobre o planejamento, a concepção e a representação dos projetos possibilitam um aumento de velocidade e de detalhamento das informações de projeto, o que tem beneficiado a qualidade do projeto do produto e da produção.

Quando se divide o projeto em etapas ou partes sucessivas de atividade, o gerenciamento do projeto é beneficiado através de uma melhor definição de responsabilidades, cronograma, integração entre as partes, entre outras vantagens. A tabela 2.2. traz um “check-list” de atividades e informações a serem produzidas e verificadas em cada uma das etapas do projeto e objetiva auxiliar na contratação de projetistas e no controle da qualidade dos mesmos.

Tabela 2.2. – Atividades e Informações das Etapas do Projeto (Fonte: Souza et al., 1995).

Etapas de Projeto	Atividades e Informações a Serem Conduzidas e Verificadas
Levantamento de Dados	a) Objetivos do cliente/obra; b) Prazos e recursos disponíveis; c) Padrões de construção e de acabamento pretendidos; d) Normas de apresentação gráfica; e) Levantamento planialtimétrico/topográfico/geológico/hídrico; f) Levantamento cadastral de serviços públicos: <ul style="list-style-type: none"> - rede de água potável; - rede de esgotos sanitários; - galerias de águas pluviais;

	<ul style="list-style-type: none"> - rede de energia elétrica; - rede de iluminação pública; - rede de telefonia; - rede de gás combustível; - coleta de lixo. <p>g) Levantamento legais e jurídicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - escrituras, impostos, registros; - leis de uso do solo; - taxas de ocupação; - coeficientes de aproveitamento; - gabaritos alinhamento e recuos; - proteção ao patrimônio histórico; - proteção ambiental. <p>h) Informações sobre o terreno:</p> <ul style="list-style-type: none"> - limites, dimensões; - orientação, sentido dos ventos; - vegetação existente; - construções existentes. <p>i) Informações sobre o entorno:</p> <ul style="list-style-type: none"> - uso e ocupação do solo; - padrão urbanístico, arquitetônico; - infra-estrutura disponível; - tendências do desenvolvimento; - tráfego e estacionamento; - aspectos visuais; - equipamentos urbanos; - fotos do terreno e seu entorno. <p>j) Recursos técnicos disponíveis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - qualificação da mão-de-obra; - materiais e sistemas construtivos;
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> - seleção e escolha de profissionais dos serviços, consultorias e dos projetos complementares.
Programa de Necessidades	<ul style="list-style-type: none"> a) Características funcionais; b) Atividades que irá abrigar; c) Compartimentação e dimensionamento preliminares: <ul style="list-style-type: none"> - ambientes a serem construídos, ampliados, reformados etc. d) Gabaritos, área úteis e construídas dos ambientes; e) Caracterização do usuário por compartimento/função: <ul style="list-style-type: none"> - população fixa/variável; - número de pessoas; - exigências/faixa etária. f) Períodos de utilização, fluxo de pessoas, serviços e materiais; g) Definição do mobiliário específico; h) Definição das instalações e equipamentos necessários por compartimento; i) Exigências ambientais; j) Níveis de desempenho.
Estudo de Viabilidade	<ul style="list-style-type: none"> a) Metodologias a serem empregadas; b) Apresentação de estudos com alternativas para viabilização técnica; c) Apresentação de estudos de viabilidade econômica; d) Apresentação de estudos de viabilidade legal do empreendimento; e) Conclusões, expectativas e recomendações.
Estudo Preliminar ou Estudo de Massa	<ul style="list-style-type: none"> a) Definições do partido arquitetônico adotado, apresentado de forma gráfica, incluindo indicações das funções, usos, dimensões, formas, articulação e localização dos ambientes, níveis da edificação e outras informações básicas para uma primeira apreciação da solução estrutural, das instalações e

	<p>do pré-orçamento da obra;</p> <p>b) Justificativa da solução arquitetônica proposta, relacionando-a ao programa de necessidades, às características do terreno e de seu entorno, à legislação pertinente e a outros fatores determinantes;</p> <p>c) Quadro de áreas estimadas;</p> <p>d) Informações relativas a soluções alternativas, suas vantagens e desvantagens.</p>
<p>Anteprojeto</p>	<p>a) Apresentação da planta de situação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - implantação, localização; - orientação; - áreas de construção parciais e totais, projeção dos pavimentos, terreno; - níveis do terreno, cortes, aterros; - áreas de circulação, estacionamento, jardins. <p>b) Planta do pavimento-tipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - denominação e área dos ambientes, cotados; - elementos da estrutura; - definição das aberturas; - indicações de cortes; - indicações de níveis dos pisos; - “layout” preliminar dos ambientes. <p>c) Plantas de cobertura:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tipologia de laje impermeabilizada/telhado; - caimentos/calhas/coletores de águas pluviais. <p>d) Cortes esquemáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - altura de piso a piso; - indicação de lajes/vigas/demais estruturas; - indicação de pé-direito/forros. <p>e) Elevações:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - indicação de esquadrias, brises; - materiais de revestimentos; - guarda-corpos, terraços, floreiras. <p>f) Definição das fundações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - estacas/baldrames/cortinas/arrimos/sapatas. <p>g) Locação das estruturas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pilares/vigas/lajes. <p>h) Instalações mecânicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - elevadores; - ar-condicionado; - bombas de sucção/recalques. <p>i) Instalações hidráulicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - reservatórios, barriletes; - pontos de abastecimento/prumadas - pontos de esgoto sanitários, locação de fossas. <p>j) Instalações elétricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - dimensionamento de quadros de distribuição; - dimensionamento de caixas de passagem; - pontos de luz/tomadas/prumadas. <p>k) Instalações de gás:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pontos de abastecimento/prumadas. <p>l) Instalações de telefonia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pontos de telefonia/prumadas. <p>m) Segurança contra incêndios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - prumadas/hidrantes/extintores. <p>n) Impermeabilização:</p> <ul style="list-style-type: none"> - áreas a serem impermeabilizadas. <p>o) Automação predial:</p> <ul style="list-style-type: none"> - central de informações; - locação de cabos/equipamentos/sensores.
--	--

<p>Projeto Legal</p>	<p>a) Elementos que compõem o anteprojeto apresentados segundo as normas de representação gráfica estabelecidas pelos órgãos públicos pertinentes;</p> <p>b) Pré-dimensionamento dos projetos complementares em desenvolvimento pelos projetistas responsáveis;</p> <p>c) Dados de documentação jurídica e cadastrais do cliente, construtora, responsáveis pelos projetos técnicos (registros, ARTs, contratos sociais, representantes legais, escrituras);</p> <p>d) Recolhimento de taxas e emolumentos legais.</p>
<p>Projeto Pré-executivo</p>	<p>a) Alterações dos elementos do anteprojeto após a verificação de suas interferências; algumas das questões principais que devem ser observadas entre os projetos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - eixo e sistemas de coordenadas; - indicação dos elementos estruturais; - locais de prumadas de todos os tipos de instalações; - identificação e cotas de todos os ambientes e níveis; - dimensionamento de vãos e aberturas, observando sentido de abertura; - localização de louças, pontos de instalações hidráulicas; - existência de ponto de luz, tomadas e interruptores em número adequado; - localização de equipamentos específicos (ar-condicionado, aquecedores); - indicação dos tipos de acabamentos; - indicação de caimentos, calhas, cumeeiras e antenas na cobertura. <p>b) Quantificação preliminar dos materiais e mão-de-obra</p>

	<p>necessários à execução;</p> <p>c) Definição de cronograma para conclusão/revisão de projeto e previsão de execução.</p>
<p>Projeto Básico (aplicável em alguns tipos de obras, por exemplo, obras públicas)</p>	<p>a) Apresentação da configuração física definitiva do empreendimento;</p> <p>b) Apresentação de uma visão global do empreendimento, com seus elementos constituintes compatibilizados;</p> <p>c) Apresentação de soluções técnicas para a resolução de problemas verificados durante as fases e compatibilização dos projetos, para evitar reformulações durante a realização da obra;</p> <p>d) Identificação de todos os materiais, serviços e equipamentos necessários à execução da obra, com todas as suas especificações técnicas;</p> <p>e) Quantificação de materiais, serviços e mão-de-obra a serem fornecidos para a execução da obra;</p> <p>f) Determinação de um plano de gerenciamento da obra, no qual devem constar um cronograma de execução, estratégia de suprimentos, organização do canteiro, programação de trabalho das equipes de mão-de-obra.</p>
<p>Projeto Executivo</p>	<p>a) Planta de situação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - cotas do lote em relação aos limites da quadra; - denominação e larguras de ruas e passeios; - orientação. <p>b) Planta de Implantação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - eixo de coordenadas do projeto; - limites do terreno e indicações dos logradouros adjacentes; - vias de acesso do terreno e da edificação; - curvas de nível iniciais e as alteradas em projeto;

	<ul style="list-style-type: none"> - áreas ajardinadas, circulação, estacionamento e outros itens de paisagismo com os materiais e detalhes construtivos; - cotas de nível de acessos, circulação, áreas externas; - designação dos edifícios; - notas gerais de acordo com a especificidade da edificação. <p>c) Pavimentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indicação de todas as coordenadas de projeto; - Indicação de todas as cotas parciais e totais; - Cotas de locais que não receberão desenhos em escala maior nos detalhes executivos; - Indicação de cortes, elevações, secções, detalhes; - Indicação de níveis de piso bruto e acabado; - Indicação da função e da área de cada ambiente; - Indicação de sancas, forros, rebaixos e projeções; - Referências e numeração de elementos/componentes ou instalações que serão apresentados nos detalhes da execução ou no caderno de especificações; - “Layout” com todo o mobiliário, principalmente armários que venham a ser colocados na obra; - Paginação dos revestimentos de piso; - Projeto executivo das alvenarias; - Indicação do sentido de abertura das portas e das janelas; - Indicação de soleiras, peitoris com suas especificações;
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> - Tabelas com indicações dos revestimentos e acabamentos; - Quadro das referências e das dimensões das esquadrias. <p>d) Planta de cobertura:</p> <ul style="list-style-type: none"> - indicação do sistema de coordenadas; - indicação dos planos de cobertura e de calhas; com respectivo sentido de inclinação e escoamento; - posição e dimensionamento das calhas; - especificação dos materiais; - dimensionamento da solução estrutural; - cortes e secções parciais com cotas e materiais; - indicação dos detalhes de rufos, cumeeiras, arremates; - indicação dos elementos de impermeabilização; - indicação dos elementos de isolamento termoacústico; - detalhes de fixação de antenas e pára-raios. <p>e) Cortes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - indicação do sistema de coordenadas; - distinção gráfica entre estrutura, vedação, instalações; - indicação dos perfis naturais e alterados do terreno; - níveis dos pisos seccionados (bruto e acabado); - cotas verticais de piso a piso; - cotas totais e parciais, com indicação de rebaixos/forros. <p>f) Elevações:</p>
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> - representação de todas as elevações externas. <p>g) Fundações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - dimensionamento dos elementos estruturais; - indicação e especificação das armaduras; - projeto detalhado das fôrmas. <p>h) Estruturas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - indicação dos elementos do sistema estrutural, com especificação completa dos revestimentos, distinção gráfica entre estes e as fundações; - dimensionamento de todas as peças estruturais, com indicação e especificação das armaduras; - projeto detalhado das fôrmas para estruturas de concreto. <p>i) Instalações mecânicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - localização e dimensionamento dos equipamentos; - localização de torres de arrefecimento, "fan-coils"; - localização e detalhamento de centrais de refrigeração; - localização e dimensionamento de vão de ar-condicionado, quando se tratar de aparelhos individuais; - detalhes relativos a elevadores e casa de máquinas. <p>j) Instalações hidráulicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - indicação de enchimentos, dutos, prumadas; - pontos de distribuição de água e esgoto, mapeamento da rede de distribuição; - especificações de tubos e conexões; - definição de componentes e louças para banheiro
--	---

	<p>e cozinha;</p> <ul style="list-style-type: none"> - localização de fossas e sumidouros; - detalhamento dos reservatórios de água (inferior/superior) com dimensões e capacidade em litros. <p>k) Instalações elétricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - indicação de enchimentos, dutos, prumadas; - detalhamento de quadros e caixas de distribuição; - especificação de tipos de iluminação e interruptores. <p>l) Instalações de gás:</p> <ul style="list-style-type: none"> - detalhamento de prumadas de alimentação; - indicação dos pontos de atendimento. <p>m) Instalações de telefonia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - indicação de prumadas e caixas de distribuição; - indicação dos pontos de atendimento. <p>n) Segurança contra incêndios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - localização de hidrantes, extintores; - prumadas de alimentação de água. <p>o) Impermeabilização:</p> <ul style="list-style-type: none"> - composição de materiais e arremates, de acordo com o local. <p>p) Automação predial:</p> <ul style="list-style-type: none"> - especificação dos equipamentos e detalhamento das instalações necessárias.
<p>Detalhes de Execução / Detalhes Construtivos</p>	<p>Detalhes de execução de alguns elementos, componentes e instalações críticos que possam ter seu desempenho afetado ao longo da vida útil da edificação:</p> <p>a) Áreas molhadas:</p>

	<ul style="list-style-type: none">- posição e referência completa:<ul style="list-style-type: none">louças sanitárias;ferragens e acessórios;bancadas e armários;soleiras, rodapés;forros, frisos, rodapés;divisórias, boxes;arremates em geral.- cotas indicativas, totais e parciais;- elevações de paredes que contenham prumadas;- especificação completa de acabamentos;- detalhes de execução dos revestimentos;- arremates de impermeabilização. <p>b) Escadas/rampas:</p> <ul style="list-style-type: none">- dimensionamento de pisos e patamares;- especificação e detalhes de fixação do corrimão;- revestimentos de pisos e espelhos;- cortes com indicações dos níveis, altura de espelhos, corrimãos. <p>c) Esquadrias:</p> <ul style="list-style-type: none">- elevações com representações de folhas, montantes, divisões, marcos;- cotas gerais de todos os componentes;- indicações dos elementos fixos e móveis;- indicação dos sentidos das aberturas;- especificação completa, com os tipos de acabamento;- cortes horizontais e verticais, indicando-se os componentes;- definição das aberturas, relação entre os vãos,
--	--

	<p>luz, ventilação;</p> <ul style="list-style-type: none"> - detalhes de montagem e vedação, observando questões de estanqueidade, acústica, segurança física e patrimonial; - detalhes de peitoris, pingadeiras; - detalhes de puxadores e peças de comando; - especificação de ferragens (dobradiças, pinos, pivôs, fechaduras), com seus respectivos detalhes de fixação; - especificação e detalhes de colocação dos vidros; <p>d) Instalações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - especificações completa e detalhes de instalação dos equipamentos (ar-condicionado, exaustores, aquecedores). <p>e) Cobertura:</p> <ul style="list-style-type: none"> - detalhes de execução dos rufos, calhas, telhas; - arremates de impermeabilização das lajes, ralos. <p>f) Especificação e detalhes de fixação de guarda-corpos, gradis;</p> <p>g) Arremates de materiais, principalmente em relação a soleiras, peitoris, rodapés, revestimentos e elementos de acabamento em geral;</p> <p>h) Arremates de alvenarias em relação aos demais elementos, como estruturas, em relação às instalações e a outros tipos de componentes;</p> <p>i) Dimensionamento e detalhes de fixação de mobiliário, como armários/balcões;</p> <p>j) Detalhamento e indicações de fixação de elementos de suporte de qualquer tipo de equipamento.</p>
<p>Caderno de Especificações</p>	<p>a) Especificação completa dos materiais e equipamentos, com indicação de fabricante, cor, texturas, linha, modelo,</p>

	<p>dimensões, observações de uso;</p> <p>b) Caracterização das condições de execução e o padrão de acabamento dos serviços;</p> <p>c) Indicação correta de locais de aplicação de cada um dos tipos de serviço;</p> <p>d) Indicação de normas técnicas aprovadas/recomendadas e métodos de ensaio/verificação específicos de materiais, elementos, instalações, equipamentos.</p>
Coordenação / Gerenciamento de Projetos	<p>a) Seleção, escolha e contratação de projetistas, consultores;</p> <p>b) Estabelecimento de cronogramas das etapas e fases de cada projeto, condicionando as entregas e aprovações;</p> <p>c) Programação de reuniões entre as equipes técnicas para transmitir as recomendações para a elaboração dos projetos e dos requisitos a serem atendidos;</p> <p>d) Programação de reuniões entre equipes técnicas de desenvolvimento de projetos para verificar o andamento dos trabalhos e compatibilizar as interferências;</p> <p>e) Elaboração das atas das reuniões com as questões, prazos e responsabilidades;</p> <p>f) Verificação do cumprimento, desempenho e aprovação dos serviços;</p> <p>g) Autorização para o pagamento dos serviços.</p>
Assistência à Execução	<p>a) Visitas ao canteiro de obras;</p> <p>b) Participação de reuniões técnicas para esclarecimento de dúvidas;</p> <p>c) Alteração, substituição ou complementação de desenhos técnicos.</p>

Os parâmetros de apresentação dos projetos, de forma detalhada, especificando-se todos os documentos que devem compor cada parte do projeto e suas respectivas condições de apresentação seguem na tabela 2.3.

Tabela 2.3. – Padrões e Definições para Controle da Qualidade do Projeto.
(Fonte: Souza et al., 1995).

Controle da Qualidade do Projeto	
Padrões	Definições / Documentos
Parâmetros de Projeto	<p>Trata-se de definições prévias relativas a cada projeto e respectivas interfaces: arquitetura X estrutura; arquitetura X instalações; instalações X estrutura; impermeabilização; alvenaria; revestimentos; equipamentos; paisagismo.</p> <p>Roteiro Básico:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Diretrizes para dimensionamento de ambientes; b) Padronização de dimensões: pés-direitos; alturas e larguras de elementos estruturais; espessuras das paredes; espessuras dos revestimentos; dimensões dos vãos; dimensões das escadas; alturas e larguras dos peitoris; dimensões dos ambientes de circulação; dimensões das piscinas; poços de elevadores; espessuras dos contrapisos; níveis dos pisos; rampas; vagas da garagem; altura da bancada; c) Padronização de distribuição das instalações: pontos de luz e tomadas, segundo os ambientes (altura e posicionamento); caixa de medição; prumadas de água e gás e sua medição; aparelhos sanitários; drenagem (número e posição dos ralos); pontos de telefone e interfone; instalação de coifa e aquecedor de água; d) Padronização dos componentes, elementos, materiais e

	<p>técnicas de execução: forros, esquadrias, vergas e contravergas; rodapés; revestimentos dos pisos e paredes; coberturas; muros; corrimãos e guarda-corpos; calhas e rufos; ferragens das esquadrias; jardineiras e floreiras;</p> <p>e) Padronização de detalhes construtivos: floreiras e jardineiras; calhas e rufos; impermeabilização (lajes transitáveis; lajes não-transitáveis; marquises; caixas d' água etc.); vergas; forros; esquadrias; corrimãos; escadas; aberturas para coifas e aquecedor; peitoris; "shafts" para instalações.</p>
"Check-list" das Definições do Projeto	<p>Trata-se de uma listagem de itens que não podem ser padronizados, mas que devem ser definidos pelos projetistas em cada empreendimento, a fim de alimentar o trabalho dos demais projetistas. Exemplos: implantação no terreno; tipo de fundação; estudo de vagas da garagem; tipo de aquecimento de água; dimensões de caixa d' água; estudo de "playground".</p>
Cronograma do projeto	<p>Define todas as etapas de um projeto e seus respectivos prazos de elaboração. Deve conter modificação dos projetos e apresentação diferenciada para cada tipo de projeto (cores, tipos de linhas etc.).</p>
Mapa de Acompanhamento do Projeto; Procedimentos de Apresentação dos Projetos	<p>Trata-se de um mapa da situação dos projetos de vários empreendimentos em andamento. Cada etapa dos projetos deve ser colocada num eixo e os empreendimentos em outro eixo.</p> <p>Deve-se adotar códigos para a situação: realizado/em andamento.</p> <p>São padrões de apresentação de um projeto em relação a todos os documentos que o compõem: memoriais, plantas, cortes, detalhes, perspectivas (inclusive maquetes).</p>
"Check-list" do Recebimento do Projeto	<p>Trata-se de uma relação de todos os itens que constam dos parâmetros do projeto e que podem ser verificados nos documentos apresentados, assim como de todas as condições</p>

		estabelecidas nos procedimentos de apresentação do projeto.
Controle Arquivo	do	São procedimentos para a organização dos arquivos do projeto da construtora: códigos das pastas ou disquetes; ordem de armazenamento; controle de situação do arquivo etc.
Controle Atualização Projeto	da do	São procedimentos de controle das revisões das várias partes do projeto, com identificação da versão.
Controle Remessa Cópias Obras	da das para as	São procedimentos da remessa das cópias dos documentos que fazem parte do projeto para a obra, eliminando-se a possibilidade do uso de cópias desatualizadas.

Além dos parâmetros definidos, deverão ser respeitadas e efetivamente utilizadas na elaboração de projetos as normas técnicas existentes. Além das normas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, há um conjunto de normas de órgãos públicos contratantes e, na falta destas, de Normas Técnicas Internacionais.

Tabela 2.4. – Algumas Normas Relacionadas ao Projeto.

Número	Título
NBR 6118	Projeto e execução de obras de concreto armado (válida até 30.03.2004)
NBR 6118	Projeto de estruturas de concreto – procedimentos (válida à partir de 30.03.2004)
NBR 8800	Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios – método dos estados limites
NBR 7197	Projeto de estruturas e concreto protendido (válida até 30.03.2004)
NBR 9062	Projeto e execução de estruturas e concreto pré-moldado
NBR 6119	Cálculo e execução de lajes mistas (válida até 30.03.2004)
NBR 6120	Cargas para cálculo de estruturas de edificações
NBR 5665	Cálculo de tráfego nos elevadores

NBR 6122	Projeto e execução de fundações
NBR 5413	Iluminâncias de interiores
NBR 9575	Impermeabilização – seleção e projeto
NBR 7190	Projeto de estruturas de madeira
NBR 5410	Instalações elétricas de baixa tensão
NBR 5626	Instalação predial de água fria
NBR 8160	Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução
NBR 5419	Proteção de estruturas contra descarga elétricas atmosféricas
NBR 9818	Projeto e execução de piscinas
NBR 10339	Projeto e execução de piscinas – sistema de recirculação e tratamento
NBR 11238	Segurança e higiene de piscinas
NBR 11239	Projeto e execução de piscinas – equipamento para a borda do tanque
NBR 9077	Saídas de emergência em edifícios
NBR 8039	Projeto e execução de telhados com telhas cerâmicas tipo francesa
NBR 6123	Forças devidas ao vento em edificações
NBR 7199	Projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil
NBR 6492	Representação de projetos de arquitetura
NBR 12219	Elaboração de caderno de encargos para execução de edificações
NBR 13532	Elaboração de projetos de edificações – arquitetura
NBR 13531	Elaboração de projetos de edificações – atividades técnicas
NBR 8798	Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto
NBR 10837	Cálculo de alvenaria estrutural em blocos de concreto
NBR 12892	Projeto, fabricação e instalação dos elevador unifamiliar
NBR 7198	Projeto e execução das instalações prediais de água quente
NBR 8044	Projeto Geotécnico

2.5.1.2. Tecnologia

Quanto à tecnologia a ser adotada, a mesma deve ser de domínio dos responsáveis pelo empreendimento ou existir uma cultura tecnológica condizente com o sistema que será desenvolvido, baseada na própria experiência e em pesquisas bibliográficas e de campo.

As empresas de construção não têm a prática de registrar formalmente o procedimento executivo de cada serviço ou etapa. Com isso, o seu domínio tecnológico passa a ser limitado e variável em função da mão-de-obra ou do engenheiro ou do empreiteiro utilizado em cada época e local. Portanto, é fundamental registrar formalmente os procedimentos de execução de cada serviço, de maneira a tornar a empresa e o processo mais estável em relação aos procedimentos e à qualidade das obras. Além disso, somente procedimentos documentados permitirão análises balizadas e treinamento adequado de pessoal.

2.5.1.3. Suprimentos

Quanto aos suprimentos, as áreas responsáveis e suas ações básicas para a garantia da qualidade são, segundo Souza et al. (1995):

- a) Projetos: Cabe à equipe do projeto a especificação técnica clara dos materiais a serem adquiridos;
- b) Obras: Cabe ao canteiro de obras orientações sobre o armazenamento e transporte de materiais da obra, o controle e registro da qualidade no recebimento dos materiais da obra e a retroalimentação de informações entre as diversas obras da empresa, as áreas de suprimentos e o projeto;

- c) Compras: Cabe à equipe de compras a seleção e a avaliação dos fornecedores de materiais e dos equipamentos e sua aquisição.

A especificação dos materiais pode e deve ter como, referência as normas técnicas. Ela não só é importante para a garantia da qualidade, como também importante instrumento para a melhoria da qualidade dos materiais, aumento da produtividade, consolidação e difusão da tecnologia.

O controle do recebimento do material na obra é fundamental para se garantir que os materiais fora da especificação ou defeituosos não sejam agregados à obra.

Para a inspeção, os produtos são agregados em lotes de tamanhos convenientes. Dependendo do tipo de produto, das características de qualidade a serem avaliadas e do histórico da qualidade do fabricante, pode-se proceder à inspeção total do lote do produto ou à inspeção por amostragem do lote. Na tabela 2.5. temos algumas normas de especificações de materiais de construção.

Tabela 2.5. – Algumas Normas de Especificação de Materiais de Construção.

Material	Norma Brasileira	Especificação Brasileira
Cimento portland comum	NBR 5732	EB 1
Areia normal para ensaios de cimento	NBR 7214	EB 1133
Pisos para revestimento de pavimentos	NBR 6137	CB 102
Agregado para concreto	NBR 7211	EB 4
Execução de concreto dosado em central	NBR 7212	EB 136
Aditivos para concreto ed cimento portland	NBR 11768	EB 1763
Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado	NBR 7480	EB 3
Tela de aço soldada – armadura para concreto	NBR 7481	EB 565
Chapas de madeira compensada	NBR 9532	EB 1668

Bloco cerâmico para alvenaria	NBR 7171	EB 20
Tijolo maciço cerâmico para alvenaria	NBR 7170	EB 19
Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural	NBR 7173	EB 50
Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural	NBR 6136	EB 959
Cal hidratada para argamassas - requisitos	NBR 7175	EB 153
Caixilhos para edificação – janelas	NBR 10821	EB 1968
Sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação – tubos e conexões de pvc, tipo DN - requisitos	NBR 5688	EB 608
Sistemas prediais de água fria – tubos e conexões de pvc 6,3, PN 750 KPa, com junta soldável - requisitos	NBR 5648	EB 892
Instalações hidráulicas prediais – registro de gaveta de liga de cobre - requisitos	NBR 10072	EB 387
Tubo e conexão de ferro fundido para esgoto	NBR 9651	EB 1702
Torneira de pressão – requisitos e métodos de ensaio	NBR 10281	EB 368
Aparelhos sanitários de material cerâmico	NBR 6452	EB 44
Requisitos gerais para condutos de instalações elétricas prediais	NBR 6689	EB 154
Disjuntores de baixa tensão	NBR 5361	EB 185
Eletrodutos de pvc rígido	NBR 6150	EB 744
Interruptores para instalação elétrica fixa doméstica e análoga - especificação	NBR 6527	EB 1224
Telha cerâmica tipo francesa	NBR 7172	EB 21
Telha ondulada de fibrocimento	NBR 7581	EB 93
Reservatório de fibrocimento para água potável	NBR 5649	EB 905
Placa vinílica semi-flexível para revestimento de pisos e paredes - requisitos	NBR 7374	EB 961
Vidros na construção civil	NBR 11706	EB 92
Manta de butil para impermeabilização	NBR 9229	EB 1498

2.5.2. Gerenciamento na Fase de Execução

A execução da obra é o estágio do processo produtivo onde são realizadas todas as etapas necessárias para a materialização do empreendimento. Assim, a execução dos serviços no canteiro de obras interfere diretamente nos custos, na produtividade e na qualidade do produto final da construção civil.

A qualidade da execução do empreendimento depende principalmente da qualidade dos fornecedores de materiais, dos equipamentos, do controle no recebimento e da qualidade na execução de cada etapa, conforme os procedimentos e a mão-de-obra qualificada.

O gerenciamento supõe planejamento, para que se possa atuar na obra com precisão e agilidade, de forma sistêmica, contemplando seus vários aspectos, conforme Souza et al. (1995).

O gerente deve estar atento a todos os aspectos dos diversos elementos que compõem o gerenciamento da obra para garantir que a obra transcorra normalmente, sem problemas de prazos, custos ou conformidade de produtos e serviços. A seguir são apresentados esses elementos:

- Conhecimento do empreendimento;
- Análise do projeto e das especificações;
- Projeto e implantação do canteiro de obras;
- Planejamento e programação da obra;
- Gerenciamento da mão-de-obra;

- Gerenciamento de equipamentos e ferramentas;
- Gerenciamento de materiais;
- Gerenciamento da produção;
- Gerenciamento da segurança do trabalho;
- Finalização e entrega da obra.

Deve-se estabelecer um padrão de gerenciamento de obras que fixe diretrizes para os engenheiros. Cada empresa deve elaborar o seu procedimento gerencial, considerando sua cultura tecnológica e a especificidade das obras. A tabela 2.6. apresenta um “check-list” que pode ser utilizado para a elaboração de um padrão de gerenciamento.

Tabela 2.6. – Gerenciamento de Obras. (Fonte: Escrivão, 1998).

Itens do Padrão	Tópicos a serem Abordados
Conhecimento do Empreendimento	Análise dos documentos, visando conhecer as características básicas do empreendimento: <ul style="list-style-type: none"> - projeto de prefeitura; - alvará de construção; - pasta de financiamento; - outros.
Análise do Projeto e das Especificações	Levantamento planialtimétrico do terreno e das condições circunvizinhas; Verificação da previsão e adequação do projeto; Identificação das necessidades da obra em relação aos projetos executivos;

	<p>Análise das especificações de materiais;</p> <p>Pré-dimensionamento de volumes e serviços básicos.</p>
<p>Projeto e Implantação do Canteiro de Obras</p>	<p>Projeto e dimensionamento do canteiro de obras:</p> <ul style="list-style-type: none"> - "Stand" de vendas ; - almoxarifado; - alojamento, banheiros, refeitório; - escritórios; - acesso de materiais e pessoal; - armazenamento de materiais; - centrais de produção. <p>Solicitação dos materiais, equipamentos e mão-de-obra para a execução do canteiro de obras;</p> <p>Solicitação de ligação de água e energia elétrica no canteiro;</p> <p>Execução das obras do canteiro e colocação dos tapumes.</p>
<p>Planejamento e Programação da Obra</p>	<p>Elaboração do planejamento de obras:</p> <ul style="list-style-type: none"> - plano de equipe da obra; - cronograma de suprimentos; - cronograma físico; - cronograma financeiro.
<p>Gerenciamento da Mão-de-Obra e de Pessoal</p>	<p>Dimensionamento e solicitação da mão-de-obra administrativa e técnica necessária para o início da obra;</p> <p>Dimensionamento e solicitação para a contratação de serviços;</p> <p>Supervisão e apropriação da mão-de-obra própria e dos sub-empregados;</p> <p>Retroalimentação do processo com as informações sobre a qualidade dos prestadores de serviços e da mão-de-obra própria.</p>
<p>Gerenciamento de Equipamentos</p>	<p>Dimensionamento e solicitação dos equipamentos e ferramentas necessárias;</p> <p>Manutenção dos equipamentos e ferramentas utilizados e registro das apropriações de utilização dos mesmos;</p>

	<p>Especificação dos equipamentos a serem utilizados por sub-empresários e controle da qualidade dos mesmos;</p> <p>Tomada de ações corretivas em caso de identificação de não-conformidade nos equipamentos utilizados pela empresa ou por sub-empresários;</p> <p>Retroalimentação do processo de compra, locação e manutenção de equipamentos, visando à seleção e qualificação de fornecedores.</p>
<p>Gerenciamento de Materiais</p>	<p>Dimensionamento e solicitação dos materiais necessários;</p> <p>Realização do controle da qualidade do recebimento dos materiais, conforme a padronização da empresa (EIM – Especificação e Inspeção de Materiais);</p> <p>Orientação para a estocagem e correta aplicação dos materiais;</p> <p>Apropriação dos insumos utilizados;</p> <p>Supervisão do almoxarifado da obra;</p> <p>Retroalimentação do processo com informações sobre a qualidade dos materiais recebidos, visando à qualificação dos fornecedores.</p>
<p>Gerenciamento da Produção</p>	<p>Gerenciamento das atividades da produção, garantindo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - qualidade do produto; - prazos definidos; - custos orçados. <p>Gerenciamento da qualidade do processo da produção, através do Procedimento de Execução de Serviços (PES), dos Procedimentos de Inspeção de Serviços (PIS) e das Fichas de Verificação dos Serviços (FVS);</p> <p>Garantia de atendimento aos prazos estabelecidos no cronograma físico da execução da obra;</p> <p>Garantia de atendimento aos custos orçados para a mão-de-obra através da apropriação de materiais, mão-de-obra e equipamentos;</p> <p>Tomada de ações corretivas no caso de identificação de não-conformidade quanto à qualidade, prazos e custos.</p>

<p>Gerenciamento da Segurança do Trabalho</p>	<p>Dimensionamento e solicitação dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI);</p> <p>Controle da qualidade de recebimento dos EPIs na obra;</p> <p>Conscientização e treinamento dos funcionários e sub-empregados para a utilização dos EPIs;</p> <p>Dimensionamento, projeto e execução dos dispositivos de segurança do trabalho;</p> <p>Supervisão e controle da utilização dos EPIs por parte da mão-de-obra própria e de sub-empregados.</p>
<p>Finalização e Entrega da Obra</p>	<p>Envio de informações técnicas sobre a obra para o departamento encarregado da elaboração do Manual do Usuário;</p> <p>Solicitação e acompanhamento da documentação legal da obra, envolvendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - alvará de instalação de elevadores; - vistoria e aprovação do Corpo de Bombeiros; - ligação de energia elétrica pela concessionária; - ligação de água e esgoto pela concessionária; - ligação de telefone pela concessionária; - ligação de gás pela concessionária; - habite-se pela Prefeitura Municipal. <p>Vistoria dos compartimentos da edificação e execução de eventuais reparos, em caso de não-conformidade;</p> <p>Entrega da obra ao cliente externo e obtenção do termo de recebimento definitivo.</p>

A qualidade na execução de cada serviço é de fundamental importância para a qualidade da obra como um todo, já que a qualidade percebida pelo cliente será, sempre, igual a pior qualidade ou ao serviço de pior qualidade, incorporado à obra. Por exemplo, se houver falha na pintura de uma parede, o cliente julgará todo o serviço como sendo de má qualidade.

A garantia da qualidade na execução dos serviços depende basicamente do gerenciamento de mecanismos que promovam a organização da produção (planejamento da execução dos serviços), o treinamento da mão-de-obra envolvida, a verificação do resultado do serviço executado, a implementação de correções necessárias e a padronização de procedimentos para as execuções futuras.

Uma forma adequada de padronizar a inspeção dos serviços é a utilização de “check-list” de verificação de serviços.

Neste capítulo, foi feita uma conceitualização geral sobre a racionalização e o gerenciamento na construção civil, tendo como parâmetros, a industrialização, a racionalização construtiva e construtibilidade, a qualidade e suas inter-relações. Finalizou-se este capítulo, conceituando o gerenciamento geral (fase de planejamento e fase de execução).

O capítulo 3 diz respeito ao sistema construtivo em alvenaria estrutural de blocos de concreto – conceituação e procedimentos específicos, uma proposta, visando à aplicação prática do gerenciamento.

3. ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO

O capítulo anterior tratou da conceituação da racionalização e o gerenciamento da construção civil. Neste capítulo será focado o gerenciamento do sistema construtivo racionalizado em alvenaria estrutural de blocos de concreto, processo este, utilizado na execução de edifício residencial de múltiplos pavimentos, objeto de estudo do próximo capítulo, onde se utilizou deste meio para comprovação desta tese.

O emprego da alvenaria estrutural deve ser justificado, não só por suas circunstanciais vantagens econômicas, mas também por argumentos tecnicamente indiscutíveis.

3.1. Conceitos Básicos e Noções Sobre o Funcionamento da Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural é um tipo de estrutura em que as paredes são elementos resistentes compostos por blocos, unidos por juntas de argamassa capazes de resistirem a outras cargas, além de seu peso próprio. Essas paredes são dimensionadas por meio de cálculos racionais, adotando-se hipóteses de cálculo similares ao do concreto armado. Deve ser observado, no entanto, que há necessidade

de determinadas armações construtivas, além da armação determinada pelo cálculo, diferindo-se, assim, da alvenaria convencional que é calculada empiricamente, conforme relata Prudêncio Jr, Oliveira e Bedin (2002).

Segundo a norma brasileira NBR 10837 (ABNT, 1989), concebida especialmente para blocos vazados de concreto, a alvenaria estrutural pode ser classificada em três categorias:

- Alvenaria estrutural não armada;
- Alvenaria estrutural parcialmente armada;
- Alvenaria estrutural armada.

Em um edifício, as paredes de alvenaria devem ser dimensionadas para resistirem basicamente a quatro tipos de esforços: compressão, cisalhamento, flexões no plano e flexões fora do plano da alvenaria, sendo a compressão o tipo de solicitação mais importante.

A metodologia para o cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto é especificada pela norma brasileira NBR 10837 (ABNT, 1989). Entretanto, outras normas tem sido empregadas para este fim, tais como as normas americanas ACI / ASCE / TMS e a norma britânica BS 5628 (BSI, 1992).

3.2. Materiais Empregados

Os principais materiais constituintes são os blocos, argamassa, graute e aço.

Segundo Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2002), os fenômenos conhecidos da alvenaria estrutural são:

- a) Quanto maior a espessura da junta, menor é a resistência da alvenaria: isto ocorre porque aumenta o esforço de tração transversal no bloco, fazendo-a romper com cargas de compressão mais baixas;
- b) Quanto menor a altura do bloco, menor é a resistência da alvenaria: tijolos que possuem altura pequena proporcionam alvenarias com menor resistência do que a daquelas confeccionadas com blocos de maior altura. Isto se deve à menor seção transversal do bloco que resiste ao esforço de tração e ao fato de que quanto maior a altura, mais o bloco se deforma transversalmente e menor será a tensão transversal gerada na interface bloco/argamassa;
- c) Quanto maior o módulo de deformação dos blocos, menor é a resistência da alvenaria: como o módulo de deformação da junta de argamassa é geralmente baixo, unidades muito rígidas fazem com que a tensão de tração na interface bloco/junta aumente;
- d) A resistência da alvenaria pode ser maior do que a da argamassa da junta: na realidade, quando um corpo de prova de argamassa é ensaiado isoladamente, ele está sob um estado uniaxial de compressão e é necessário um menor carregamento para romper do que quando está confinado lateralmente (argamassa na junta);
- e) A resistência da alvenaria dificilmente ultrapassa a resistência do bloco: isto acontece devido à tensão de tração transversal que ocorre nas extremidades dos blocos, quando a alvenaria está sujeita à compressão, reduzindo-se a carga necessária para rompê-las, se comparada com a carga de um ensaio de resistência à compressão de um bloco isolado, que está submetido a um

confinamento em suas extremidades, devido ao atrito dos pratos da prensa;

- f) Um incremento da resistência à compressão da argamassa normalmente não implica em um aumento significativo da resistência da alvenaria: isto ocorre porque o módulo de deformação da argamassa não aumenta na mesma proporção que a sua resistência à compressão, fazendo com que o estado de tensões no bloco, que geralmente causa o colapso da alvenaria sob compressão, mantenha-se quase inalterado;

- g) Para um mesmo material constituinte e uma mesma geometria, quanto maior a resistência à compressão do bloco, maior é a resistência à compressão da alvenaria: um aumento da resistência à compressão do bloco faz com que sua resistência à tração transversal cresça, aumentando diretamente a resistência da alvenaria.

Algumas vantagens dos blocos de concreto:

- a) São produzidos com diferentes resistências, em função da necessidade estrutural das edificações;

- b) São produzidos com diferentes formas, cores e texturas;

- c) Seus vazados permitem a passagem de tubulação elétrica e, em alguns casos, sanitárias. Estes vazados também podem ser preenchidos com graute para a execução de cintas de amarração, vergas ou quando se necessita aumentar a resistência da alvenaria à compressão;

- d) São produzidos a partir de misturas de cimento, agregados miúdos e graúdos; estão disponíveis em praticamente todas as cidades de médio e grande porte do país;
- e) Suas dimensões são geralmente modulares e apresentam baixíssima variação, evitando-se desperdícios na obra e diminuindo substancialmente as espessuras dos revestimentos aplicados.

3.2.1. Blocos de Concreto

As características dos blocos de concreto para a alvenaria estrutural estão especificados na norma brasileira NBR 6136 (ABNT,1994). Os mesmos são classificados em classe A (destinados à execução de alvenaria externas que não serão revestidas) e classe B (destinados à execução de alvenarias internas ou de alvenarias externas que serão revestidas).

Os blocos são constituídos de cimento Portland, agregados e água. Os cimentos devem ser os normalizados e os agregados podem ser areia e pedrisco e devem satisfazer às especificações próprias de cada um destes materiais.

As dimensões dos blocos modulares e submodulares, a espessura mínima das paredes dos blocos, as tipologias dos blocos e a resistência à compressão característica ($f_{bk, est}$) estão todas contempladas e especificadas na norma brasileira NBR 6136 (ABNT, 1994).

Conforme Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2002), algumas condições específicas a serem observadas:

- a) A absorção de água determinada em qualquer um dos blocos ensaiados e para ambas as classes deve ser menor ou igual a 10%, conforme norma brasileira NBR 6136 (ABNT, 1994);
- b) A retração na secagem, determinada segundo a norma brasileira NBR 12117 (ABNT, 1991), de qualquer um dos blocos ensaiados para ambas as classes deve ser menor ou igual a 0,065%;
- c) O valor máximo da umidade dos blocos é determinado, segundo a norma brasileira NBR 12118 (ABNT, 1991).

Algumas observações sobre os requisitos da norma:

- a) Quem define a resistência característica à compressão do bloco é o engenheiro calculista. Recomenda-se que esta especificação seja feita por pavimento e não devem ser utilizados blocos de diferentes resistências em um mesmo pavimento;
- b) Quando a absorção da água pelo bloco tiver valores acima do limite da norma, são considerados porosos, com baixa resistência mecânica e tendência a absorver rapidamente a água da argamassa de assentamento das alvenarias. Mas blocos com absorção muito baixa praticamente não succionam água da argamassa, comprometendo a aderência junta-bloco, criando-se aí um caminho para a infiltração de água. Os blocos de baixíssima absorção não garantem a obtenção de uma alvenaria impermeável, pois exigiriam o uso de argamassas especiais para promover sua aderência. Outro fator a ser considerado é o problema causado no processo de assentamento dos blocos, se não existir uma absorção adequada da água de amassamento, não ocorrerá o enrijecimento das juntas, o que prejudica o assentamento das fiadas posteriores

da alvenaria. Desta forma, durante o assentamento dos blocos haverá uma perturbação nas juntas inferiores da parede, comprometendo a qualidade (ocorrência de desalinhamentos e desaprumos) e, principalmente, levando a uma perda de produtividade.

3.2.2. Argamassa de Assentamento

Em uma parede estrutural composta por blocos e juntas de argamassa, a influência desta no desempenho funcional da parede é crítica, principalmente se esta for externa e sem revestimento. Atualmente, apesar de haver um crescente interesse científico e tecnológico neste material, persistem muito dos vícios e desconhecimento do meio técnico da construção, no que se refere a sua formulação.

Não devemos confundir e tentar tratar a argamassa como se fosse concreto, pois suas funções e empregos são radicalmente distintos. Em certos casos, estes requisitos caminham em sentidos opostos.

A argamassa é um adesivo que une as unidades de alvenaria e que serve para transferir esforços entre elas, bem como para acomodar pequenas deformações inerentes à própria alvenaria. Além disso, comparando-se com o concreto, a argamassa é colocada sobre superfícies absorventes e a maior parte de sua superfície está exposta aos efeitos da evaporação. A sucção das unidades de alvenaria é necessária para promover o contato íntimo com a argamassa, aumentando sua aderência, já que a água absorvida carrega substâncias solúveis do cimento e adere fortemente na superfície do bloco. Entretanto, se esta sucção passa de certos limites, o bloco pode absorver água indispensável à hidratação do cimento. Para tanto, deve-se ter uma espessura mínima para a junta da argamassa e com a resistência que opõe esta argamassa à perda de sua água (retenção de água). A argamassa não deve ser curada, não somente pela dificuldade de executar tal operação, mas porque

umedeceria, principalmente os blocos de alvenaria, criando-se deformações de expansão e contração que atentariam contra a integridade da parede, provocando fissuras por retração de secagem, conforme descreve Prudêncio Jr, Oliveira e Bedin (2002).

Segundo Sabbatini (1984), as funções primárias das juntas de argamassa em uma parede são:

- Unir solidariamente os blocos de alvenaria e ajudá-los a resistir aos esforços laterais;
- Distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos;
- Absorver as deformações naturais a que a alvenaria estiver sujeita;
- Selar as juntas contra a penetração da água da chuva.

Conforme Sabbatini (1998), para que a argamassa seja capaz de prover as funções citadas acima, ela deve apresentar as características descritas a seguir:

- Trabalhabilidade: consistência, plasticidade e coesão – a importância da plasticidade é que pelas suas características reológicas e por influir diretamente na qualidade do serviço do pedreiro e, muitas vezes, o mesmo definir a plasticidade, é que todas as outras propriedades a ela se vinculam. “A trabalhabilidade é a mais importante característica da argamassa no estado fresco”, segundo Sabbatini (1998);
- Retenção de Água: capacidade de reter água suficiente para uma adequada reação e hidratação, quando colocadas em contato com bloco de alta

sucção. Uma argamassa sem esta capacidade acarretará, principalmente em blocos de concreto, fissuras e destacamento da junta;

- Resistência à Compressão: a argamassa deve adquirir uma rápida resistência para suportar esforços durante a construção e desenvolver ao longo do tempo resistência adequada para não comprometer a alvenaria da qual faz parte. A argamassa não deve ser mais resistente que os blocos que une, para que possa absorver eventuais solicitações, deformando e evitando assim as fissuras nos elementos estruturais. “Resistência de aderência é mais importante, bem como boa trabalhabilidade e retenção de água...”, segundo Sabbatini (1998). Vale ressaltar que argamassas de elevada resistência, o que implica maior consumo de cimento, têm maior grau de retração na secagem, levando a eventuais fissuras e destacamento da junta do bloco;
- Capacidade de Aderência: a aderência não é uma propriedade intrínseca da argamassa e pode ser definida como a capacidade que a interface bloco-argamassa tem de absorver tensões de cisalhamento e de tração, sem romper-se e ainda prover juntas estanques na ação da chuva. Esta propriedade, importante, faz uma parede estrutural resistir a efeitos do vento, dilatações térmica e retração hidráulica;
- Resiliência ou Elasticidade: capacidade da argamassa de se deformar sem apresentar rupturas, quando sujeitas a solicitações diversas e voltar à dimensão original, quando cessadas as solicitações. A resiliência está inversamente relacionada com o módulo de elasticidade e resistência à compressão. Esta propriedade é tão importante para a parede estrutural, quanto à resistência à compressão do elemento estrutural é para a edificação;

- Durabilidade: A decorrência de pequenos problemas, tais como goteiras nos telhados, falhas nas juntas, canaletas de caixilhos mal vedadas e outras e a falta de prática de manutenção levam a redução da durabilidade ou alteração das propriedades das juntas, acarretando graves patologias, como as fissuras de difícil solução.

Pelo exposto até aqui, nota-se que é extremamente necessário também um “projeto” de argamassa e este deve levar em consideração alguns parâmetros discutidos abaixo.

Para a argamassa de assentamento “quanto mais resistente melhor”, geralmente está muito longe da verdade. É completamente desinteressante que uma argamassa tenha uma altíssima resistência à compressão, se não tiver simultaneamente uma boa aderência e/ou uma boa trabalhabilidade. Também é inaceitável que uma argamassa tenha um elevado consumo de cimento, alta resistência à compressão e características de retração que causem fissuras de separação na interface junta-bloco.

O tipo particular de argamassa para um projeto específico é função do balanço entre as necessidades das alvenarias que serão construídas e as propriedades dos vários tipos de misturas disponíveis. Não existe um único tipo de argamassa que seja o melhor para todos os tipos de aplicações possíveis. Não deve ser utilizada uma argamassa com resistência à compressão superior à necessária para atender às exigências estruturais do projeto.

A definição do proporcionamento das argamassas mistas para uso em alvenaria estrutural é de atribuição do calculista. A norma brasileira NBR 8798 (ABNT, 1985) especifica as condições mínimas para dosagem não experimental da argamassa. A norma americana ASTM C270 (2003) especifica quatro tipos de argamassas mistas, designadas pelas letras M, S, N e O que devem ser empregadas, conforme o uso da alvenaria.

A utilização da argamassa industrializada é recomendada por uma questão de racionalização de canteiros e mesmo pela garantia de homogeneidade e qualidade. As argamassas, que precisam apenas de adição de água, têm um uso crescente no país. O fato de serem comercializadas ensacadas ou a granel faz com que o risco de erros de dosagem no canteiro seja baixo. Entretanto, por normalmente possuírem aditivos incorporadores de ar na sua constituição, podem apresentar resistências e trabalhabilidade que variam sensivelmente com o tipo de misturador e o tempo de mistura.

De acordo com a norma brasileira NBR 13281 (ABNT, 2001), as argamassas industrializadas são classificadas, conforme a sua resistência à compressão, teor de ar incorporado e capacidade de retenção de água.

Viu-se que a argamassa de assentamento é um integrante importante numa parede estrutural, tanto quanto o bloco, ainda mais se preparada na obra, pois tem-se uma preocupação a mais para seu bom desempenho, pois tem que ater-se também ao controle dos materiais para sua composição. Quando a opção é pelo uso de argamassas industrializadas, garante-se um controle mais apurado na qualidade e na dosagem dos materiais componentes, em relação ao que poderia ser feito na obra. Vale lembrar que a escolha do fabricante deve ser rigorosa e qualquer que seja este, as instruções de uso dispostas pelo mesmo devem ser seguidas.

3.2.3. Graute

Estas argamassas de preenchimento, eventualmente micro-concretos, devem ser dosadas de forma que as peças compostas pelos blocos de concreto pré-fabricados, as armaduras interiores e estas argamassas resultem em peças homogêneas e íntegras que possam suportar esforços solicitantes variados, resultantes das ações aplicadas nas estruturas e da sua auto-sustentação.

Em função deste conceito, as argamassas de grauteamento, como são conhecidas, têm que apresentar trabalhabilidade compatível com as reduzidas dimensões onde são lançadas, em muitos casos, com elevada concentração de argamassa no interior dos blocos vazados e, especialmente, em condições de lançamento não ideais, devido à presença de barras de aço de comprimento muito superior ao posicionamento dos blocos no ato do enchimento. Outra característica fundamental é que estas argamassas apresentam retrações muito reduzidas, preferencialmente quase nulas, adicionando-se cal ou agregado graúdo no graute. Este fenômeno tem uma solução bastante satisfatória, bem como fluência desprezível em presença de tensões elevadas, geralmente aplicadas nas primeiras idades do processo de hidratação do cimento, segundo Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2002).

Além destas, as características mecânicas da argamassa, como resistência à compressão e ao módulo de deformação longitudinal, apresentam elevada importância, uma vez que estas argamassas devem suportar os esforços a eles transferidos de forma integrada com o concreto dos blocos, geralmente de idade superior e fabricado em ambiente de usina, ou seja, de controles muito mais eficientes. Estas características, que devem ser adequadamente especificadas pelo projetista da estrutura, serão atingidas pelo desenvolvimento de uma dosagem adequada dos componentes da argamassa, conforme Gaiofatto (2002).

É importante considerar que as normas técnicas brasileiras são muito vagas quando se referem às argamassas de grauteamento, segundo Gaiofatto (2002), não indicando medidas de elevada importância, que devem ser tomadas para que se obtenha estruturas adequadas sob o ponto de vista da segurança e da durabilidade. Desta forma, aumenta muito a responsabilidade de projetistas e responsáveis técnicos pelas obras, de forma a superar a insuficiência das normas com a busca contínua de informações sobre o problema, geralmente em literatura internacional. A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) está revisando estas normas e no próximo ano deverá estar em vigor.

3.2.4. Aço

Toda alvenaria estrutural é armada de alguma forma, em peças, como vergas, contravergas e cintas.

A qualidade do aço é importante em qualquer tipo de construção. Deve-se verificar as propriedades, como resistência, escoamento, alongamento, dobramento e aderência, sendo esta última talvez a que se deve maior atenção para a alvenaria estrutural, pois esta propriedade vai garantir a adequada aderência e transmissão de esforços entre armadura e graute. A NBR 7477 (ABNT, 1982) especifica estes valores para as estruturas de concreto armado.

A verificação da qualidade do aço deve ser feita por intermédio de laboratórios especializados. Existem quatro categorias (CA-25; CA-40; CA-50 e CA-60), em função da resistência característica de escoamento e duas classes (A e B), os mais utilizados são os CA-50 e CA-60.

3.3. Diretrizes para o Desenvolvimento dos Projetos em Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural de blocos de concreto é um sistema construtivo racionalizado que utiliza um menor contingente de mão-de-obra. O tempo de execução é reduzido e, conseqüentemente, os custos finais da construção; se comparado com o tradicional sistema em concreto armado também é menor, conforme relata Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2002).

Características da alvenaria estrutural:

- a) As paredes funcionam como elementos portantes, transmitindo as cargas diretamente sobre as fundações ou sobre as vigas, no caso de estruturas de transição;
- b) Coordenação modular, evitando uma série de desperdícios de materiais, mão-de-obra e tempo de execução;
- c) Compatibilização dos projetos, sendo que os projetos arquitetônico, estrutural e instalações prediais devem ser desenvolvidos em conjunto.

Neste item, apresentam-se algumas diretrizes para a concepção e elaboração de projetos arquitetônicos e construtivos, bem como recomendações para modulação e detalhes construtivos comumente empregados, segundo Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2002).

3.3.1. Etapas de Projetos

Devido a sua especificidade, o projeto em alvenaria estrutural exige desenvolvimento distinto dos projetos de outros tipos de estruturas. O fator mais importante a se considerar é a compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, elétrico, hidro-sanitário e de incêndio.

3.3.1.1. Anteprojeto

Nesta etapa, o profissional responsável define a forma do edifício, o número e distribuição das peças em função das necessidades e verificação quanto ao Código de Obras e pelo Plano Diretor do Município referentes ao uso do terreno. Na concepção do edifício, verificar a necessidade e o interesse de se projetar vagas de garagem no corpo do edifício, o que implicará na estrutura de transição. As paredes devem ser

coincidentes com os andares para que as paredes inferiores suportem diretamente as cargas das paredes superiores. A densidade e a distribuição das paredes do pavimento influenciarão na rigidez do edifício. A presença de grande número de paredes em direções ortogonais e dispostas simetricamente poderão dispensar o uso de armaduras de reforço. Os edifícios muito esbeltos e com baixa densidade de paredes não possuem uma tipologia adequada para o uso da alvenaria estrutural.

A maioria das paredes do edifício é estrutural, não podendo ser removidas após o término da obra, por isso nesta fase deve-se prever eventuais alterações futuras.

Os módulos de 15 e 20cm são os utilizados, pois as fábricas produzem blocos normalizados que atendem a essas dimensões-base, as dimensões internas das peças também devem ser múltiplas do módulo básico.

A concepção da escada do edifício deve ser, se possível pré-fabricada, pois este é um processo racionalizado. Portanto, nesta etapa, deve-se estudar a sua viabilidade, bem como o tipo de laje a ser utilizada.

3.3.1.2. Projeto

O projeto inicia-se com o ajuste das medidas das peças, visando à definição da modulação; ele deve ser feito com bastante critério e evitar o uso excessivo de blocos especiais e compensadores. Com esta definição, pode ser desenhada a planta da primeira fiada, que permite a execução de uma primeira versão dos projetos estrutural e instalações prediais. A partir daí, é feita uma compatibilização entre todos os projetos, fazendo-se as devidas correções que, por ventura, venham a ser necessárias, obtendo-se a planta da primeira fiada definitiva, vindo na seqüência as plantas da 2ª fiada, planta de locação dos blocos-chave, elevações das plantas e detalhes construtivos.

3.3.1.2.1. Modulações

a) Modulação Horizontal:

A técnica da coordenação modular é empregada na alvenaria estrutural e parte-se da premissa que as dimensões dos ambientes do edifício são múltiplas inteiras da modulação-base, evitando-se quebras de blocos e recortes nas paredes, levando a menores desperdícios de material, mão-de-obra e tempo.

Com a utilização de blocos modulares (blocos em que o comprimento é igual a duas vezes a largura mais a espessura da junta), o responsável pelo projeto trabalha com uma malha reticulada com dimensão modular.

Os blocos de 14x19x39cm e 19x19x39cm são apenas os tipos básicos utilizados dentro de conjuntos mais completos, denominados família. Os blocos de 19x19x39cm, não necessitam de peças especiais para modulação, sendo sua família composta basicamente pelos blocos inteiro, meio-bloco, bloco canaleta e meia-canaleta.

Os encontros das paredes são os pontos mais importantes devido à concentração de tensões e da transferência de cargas de uma parede para outra. Nestes pontos onde a amarração entre os blocos não é possível, ou se utilizam blocos especiais ou tela metálica, estribos e grampos. Estes métodos de amarração são usados a cada duas ou três fiadas, empregando-se argamassas de boa aderência e, no caso particular dos grampos, grauteando também os vazados dos blocos. Isto ocorre normalmente quando, nas paredes externas, são empregados blocos de 19x19x39cm e, nas internas, de 14x19x39cm.

Muitas vezes, quando os projetos são alterados de concreto armado para alvenaria estrutural, utilizam-se peças pré-moldadas de concreto de pequena espessura para ajuste das dimensões, conhecidas como compensadores, bolachas ou pastilhas.

O bloco de 14x19x39cm é o mais empregado em projetos de alvenaria estrutural, pelo fato dos construtores alegarem que o mesmo resulta em um maior rendimento durante a construção. Como o comprimento nominal não é múltiplo inteiro da largura nominal, faz-se necessário o emprego de blocos especiais para a perfeita amarração entre as paredes, e para solucionar a execução de alguns detalhes construtivos.

Para evitar possíveis erros de locação, recomenda-se que, quando da elaboração da planta da 1ª fiada, seja utilizado nos encontros das paredes, sempre que possível, o bloco de 14x19x39cm, pois ele definirá o alinhamento da parede que chega de topo.

Existe também na família, o bloco de 14x19x54cm que é empregado nos encontros e cruzamentos de paredes, quando se emprega o bloco de 14x19x39cm.

O bloco de 14x19x39cm possui uma largura nominal de 14cm e a modulação de projeto é de 20cm portanto, os projetos concebidos para alvenaria estrutural, empregando-se este tipo de bloco, devem apresentar dimensões internas dos ambientes múltiplos de 20cm. A solução adotada é o emprego de blocos especiais de 14x19x34cm e 14x19x54cm; outros ajustes devem ser evitados, na medida do possível, para facilitar a execução, como por exemplo o uso de peças compensadoras.

b) Modulação Vertical:

Como na modulação horizontal, as alturas da porta, do peitoril e da janela, do pé-direito e do patamar intermediário da escada, devem ser múltiplas do módulo-base vertical que é de 20cm.

Pode-se adotar o pé-direito múltiplo do módulo vertical ou a distância entre pisos, múltipla do mesmo módulo vertical e, para isto, são necessários blocos canaleta tipos “U”, “J” e compensadores, dependendo da espessura da laje e da posição da parede.

Quando se emprega escada moldada “in loco”, a mesma deverá obedecer a coordenação modular empregada, ou seja, terá que se considerar o pé direito ou a distância piso a piso como sendo múltiplo do módulo de 20cm.

3.3.1.2.2. Projeto Estrutural

A norma brasileira que rege o cálculo da alvenaria estrutural de blocos de concreto é a NBR 10837 (ABNT, 1989). Outras normas internacionais são também utilizadas como, por exemplo, a norma britânica BS 5628 (BSI, 1992).

As fundações, quando não existe garagem disposta sob o edifício, são geralmente as sapatas contínuas, ou estacas alinhadas com viga baldrame que serve também como bloco de coroamento. Quando existe a garagem, são utilizadas as sapatas isoladas ou estacas com bloco ou, ainda, tubulões com bloco que receberão as cargas da estrutura de transição.

As estruturas de transição são em concreto armado. As lajes, além de suportarem as cargas verticais acidentais, transferindo-as para as paredes de contorno,

servem de diafragmas responsáveis pela transferência das cargas horizontais para as paredes de contraventamento.

As escadas, tendo uma solução bem concebida durante a fase do projeto, também é de fundamental importância para a futura construção do edifício. É conveniente o uso de escadas pré-fabricadas com tipologias padronizadas para serem adquiridas em fábricas existentes no mercado.

3.3.1.2.3. Projetos Executivos

Estes devem ter um grau de detalhamento tal, que facilite a tarefa de quem constrói e prescindir da experiência do mestre-de-obras para os interpretar. As soluções para problemas específicos devem estar detalhadas a fim de evitar improvisações. Nos projetos em alvenaria estrutural, busca-se que os desenhos retratem fielmente cada parede do edifício, incluindo o posicionamento individual de cada bloco, além dos reforços estruturais, tubulações e pontos de instalação neles inseridos.

Os tipos de projetos executivos utilizados são:

- a) Planta da Primeira e Segunda Fiadas: Mostram todos os tipos e posicionamento dos blocos necessários para se iniciar a construção das diversas paredes. Contém uma legenda, indicando os tipos e quantidades de blocos empregados, bem como as cotas do edifício e as indicações das vistas de cada parede para as quais serão elaboradas as plantas de elevação. São definidas também as aberturas de portas, pois as mesmas precisam atender às necessidades construtivas, bem como possibilitar o fechamento modular das fiadas acima delas;

- b) Planta de Locação: É recomendado que sejam elaboradas as plantas de locação dos blocos-chaves. Blocos-chaves são os blocos cuja locação errada pode comprometer o alinhamento ou o posicionamento das aberturas. São geralmente os blocos de canto de paredes e aqueles adjacentes às aberturas das portas. As plantas de locação podem ser: o sistema de cotas acumuladas ou o sistema de locação por coordenadas polares (esta necessita do uso de teodolitos). O ponto de origem (0,0) para ambos os sistemas de locação deve ser posicionado em um local que seja fácil de ser transposto para os pavimentos seguintes;
- c) Elevações: As elevações devem ser feitas quando de posse dos projetos complementares, prevendo-se todos os detalhes da alvenaria (tipos e posicionamento dos blocos adjacentes às aberturas das portas e janelas, dos blocos especiais (elétricos e hidráulicos) e das canaletas nas fiadas de respaldo).

3.3.1.2.4. Detalhes Construtivos

A seguir, alguns detalhes e soluções para ajustes de modulação são mostrados:

- a) Portas: As aberturas das portas são definidas durante a etapa de modulação e, normalmente os pontos característicos do emprego de bolachas ou canaletas, bem como blocos especiais e vergas pré-moldadas;

- b) Janelas: As aberturas das janelas devem ser definidas como sendo múltiplas de 20cm, as vergas e contravergas precisam ser devidamente dimensionadas para se evitar as fissuras localizadas e devem ter um apoio mínimo de 40cm. Outras soluções, apesar de não eliminar as vergas e contravergas, é a utilização de quadros pré-fabricados em argamassa armada, ou requadro do vão com gabaritos metálicos;
- c) Cintas de Amarração: São elementos estruturais apoiados continuamente nas paredes, ligados ou não às lajes, com a função de transmissão de cargas, consolidação e cintamento das paredes. Para sua confecção são utilizados blocos canaletas, tipo “U” e “J” e a armadura deve ser definida pelo calculista;
- d) Coxins: Sua função é distribuir cargas concentradas; funcionam como berços de apoio para se evitar o esmagamento do bloco e o aparecimento de fissuras. São executados em concreto e a relação entre o comprimento e a altura não deve ser superior a três;
- e) Cobertura: Deve-se isolar, da alvenaria, a laje do último pavimento para evitar fissuras de origem térmica; estas, quando surgem, normalmente apresentam apenas efeito estético. As soluções preventivas são: isolar o apoio e fazer tratamento térmico sobre a laje para reduzir a dilatação. Outra solução satisfatória, no caso de telhado sobre a mesma, é segmentar a laje em placas de contorno com juntas de dilatação entre elas.

3.3.1.2.5. Projetos de Instalações Prediais

Estes projetos devem ser desenvolvidos em conjunto com os projetos arquitetônico e estrutural, de tal forma que haja a compatibilização entre eles, sendo previstas soluções para eventuais detalhes que dificultem a fase de execução. Os dois principais são:

- a) Instalações Elétricas e Telefônicas: Os projetos elétricos para obras em alvenaria estrutural especificam eletrodutos em cada ponto de força/comando de iluminação ou ponto telefônico. Para facilitar a execução e a instalação das caixas de passagem, pode-se prever o emprego de blocos especiais com ranhuras na parte interna das paredes longitudinais e transversais, conformadas na própria indústria. Estas ranhuras facilitam a quebra para o posicionamento das caixas de passagem posicionadas na parte inferior do bloco. Alguns preferem utilizar discos de corte em obra para obter maior rendimento no assentamento dos blocos. O posicionamento dos pontos de força e interruptores devem ser na segunda prumada de vazados, a partir da abertura, pois a primeira geralmente é grauteada;

- b) Instalações Hidro-sanitárias e de Incêndio: A norma brasileira NBR 10837 (ABNT, 1989) prescreve que é proibida a passagem de tubulações que conduzam fluidos dentro das paredes com função estrutural. Daí a concepção das paredes hidráulicas (paredes com descidas e instalações hidro-sanitárias e de incêndio), como sendo paredes de vedação. Existe, no mercado, blocos especiais para estas paredes. No caso de tubulação horizontal em edifícios, tem-se preferido a passagem por baixo da laje de piso, empregando-se um forro falso para facilitar a manutenção. Para as prumadas de

esgoto, são previstos “shafts” para abrigar as tubulações. Esses podem ser executados de duas formas: interrompendo a parede para passagem da tubulação ou passando rente à parede estrutural. No projeto arquitetônico deve-se projetar as áreas molhadas o mais próximo possível para agrupar as instalações, reduzindo a quantidade de “shafts”. O fechamento dos “shafts” deve ser removível para facilitar futuras manutenções e acesso fácil às tubulações.

3.3.1.2.6. Projeto para Produção

Nos outros setores produtivos, a mesma atenção dada ao projeto do produto é dada ao projeto do processo produtivo. Para obtenção de um nível de produtividade e qualidade, deve-se levar em consideração não só o desempenho do produto propriamente dito, mas também o procedimento utilizado na sua elaboração. Na construção civil não temos levado em consideração estes parâmetros, onde se projetam formas de produção sem um nível de qualidade coerente com as demais etapas e tarefas racionalizadas.

Os procedimentos construtivos são elaborados tendo como objetivo a aplicação de uma determinada técnica executiva, não dependendo do local nem da obra.

Com a qualificação no gerenciamento da execução, bem como no detalhamento dos projetos, por vezes é necessário coordenar a execução de todo um determinado método construtivo. Assim, estes métodos construtivos de maior nível organizacional devem ser desenvolvidos, tendo-se em vista a aplicação em uma determinada obra. Desta forma, estes caracterizam-se como projetos para execução, conforme Franco (1992). O surgimento deste tipo de projeto representa uma evolução natural no nível organizacional (gerenciamento) da obra.

Na aplicação de medidas, que envolvem a otimização de todo um método construtivo, deve existir um maior grau de integração entre o projeto e a execução da obra. A aplicação deste tipo de projeto também representa um acréscimo no nível de construtibilidade do projeto, pois configura-se na atividade de “pensar como executar”, conforme Franco (1992).

Na construção civil podemos citar, como exemplo de projeto para produção, os projetos de fôrmas racionalizadas, que além do projeto dos componentes propriamente ditos, definem uma determinada e fixa maneira de executar as atividades na montagem, concretagem e desfôrma.

3.4. Execução de Obras em Alvenaria Estrutural

Utilizando-se, simplesmente, blocos de concreto para execução da obra não resulta, necessariamente, em um aumento de produtividade ou economia. Para que seja atingida de forma significativa a redução de custos e tempo de construção, é necessário também que sejam empregadas técnicas construtivas adequadas, mão-de-obra qualificada e exista também a organização da produção.

A seguir, apresenta-se recomendações, especificações e detalhes construtivos de diversas fases de uma obra, conforme Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2002).

3.4.1. Implantação do Canteiro de Obras

No dimensionamento e implantação do canteiro, deve-se levar em consideração o almoxarifado, os escritórios, os acessos de materiais e pessoal, o armazenamento de materiais, as centrais de produção, além do alojamento, banheiros

e refeitórios para o pessoal. Portanto, nota-se que este conjunto de instalações deve dar suporte à administração da obra, ao processo produtivo e aos trabalhadores.

Para que se possa projetar um canteiro de obras que atenda às necessidades da produção e de condições adequadas de trabalho aos funcionários, deve-se exercer, a criatividade e utilizar técnicas de engenharia que proporcionem um bom “layout”.

O dimensionamento do canteiro compreende o estudo geral do volume da obra. Esse estudo pode ser dividido nos seguintes itens:

- Área disponível para as instalações;
- Serviços a serem executados;
- Materiais a serem utilizados;
- Dimensionamento do pessoal a ser empregado;
- Máquinas e equipamentos necessários;
- Prazos a serem atendidos.

Além dos itens abordados no dimensionamento do canteiro, é muito importante seu planejamento e sua organização, que abrangem os seguintes pontos:

- Determinação dos espaços destinados às instalações que permanecerão fixas durante a execução da obra;
- Estudo da movimentação de máquinas e equipamentos móveis;

- Análise cronológica da instalação e início das atividades com máquinas e equipamentos fixos, para determinar, com antecedência, a disposição e a construção de eventuais depósitos de materiais;
- Dimensionamento das instalações de armazenagem, em função do volume de materiais, ritmo da obra, consumo diário e programação de entrega.

Na implantação do canteiro deve-se procurar, evitar ao máximo, os deslocamentos das instalações durante a construção.

Para um bom arranjo físico, os seguintes fatores devem ser observados:

- Reduzir, tanto quanto possível, as distâncias entre os locais de estocagem e de preparo ou emprego dos materiais;
- Evitar o excesso de cruzamentos em transportes de materiais, através da escolha adequada dos locais de estocagem e preparação de produtos a serem utilizados;
- Dispor, racionalmente, as máquinas e os equipamentos fixos (gruas, elevadores de carga e de pessoal, betoneiras, serras etc.).

3.4.2. Fundações

A precisa locação é importante para qualquer tipo de fundação, mas em se tratando de alvenaria estrutural é considerada fundamental. Tanto no caso de fundações superficiais quanto profundas, um desvio em relação ao alinhamento das paredes para as quais servirão de suporte, implicará na geração de esforços adicionais que podem levar a uma série de patologias. Por essa razão, o uso de métodos mais eficazes de marcação feitas por topógrafos podem prevenir problemas deste tipo.

Como as edificações em alvenaria estrutural apresentam reduzida capacidade de absorver recalques diferenciais, cuidados especiais devem ser tomados na fase de execução das fundações. Deve-se garantir que os elementos responsáveis pela transmissão de cargas estejam em contato com solos capazes de resistir aos carregamentos impostos. Segundo Silva (1993), na maioria dos prédios os principais problemas patológicos são gerados pelas fundações diretas.

3.4.3. Estrutura de Transição

A precisão na execução, da estrutura de transição em concreto moldado “in loco” é fundamental para a estabilidade, a segurança e a durabilidade do edifício. Recomenda-se a utilização de equipamentos adequados para conferência de nível, prumo e alinhamento.

Como geralmente os esforços de flexão e cisalhamento são consideráveis nas vigas de transição, é recomendada especial atenção na conferência de suas armaduras e em sua concretagem a fim de se evitar falhas. Outro procedimento indispensável é o controle da resistência à compressão do concreto.

3.4.4. Execução das Alvenarias

3.4.4.1. Técnicas Usuais de Locação dos Blocos-Chave

Uma das principais fases da obra é a do processo de execução das alvenarias que inicia-se pela locação dos blocos-chave, que são os que irão definir o alinhamento das paredes. Para esta locação, várias técnicas tem sido empregadas, destacando-se as locações por coordenadas cartesianas, por cotas acumuladas e por coordenadas polares, utilizando instrumentos topográficos de precisão.

A seqüência para a locação por coordenadas cartesianas, por cotas acumuladas, inicia-se pela conferência da laje e deve respeitar os seguintes passos:

- a) Assentamento dos blocos de canto;
- b) Marcação dos alinhamentos das paredes;
- c) Verificação do posicionamento dos alinhamentos marcados em relação às vigas de transição;
- d) Assentamento dos blocos-chave.

As paredes dos andares subseqüentes devem ser locadas, de tal forma, que se garanta o alinhamento das mesmas com as paredes inferiores a fim de se evitar erros acumulativos quando da transposição de suas posições. De pavimento para pavimento, executa-se este alinhamento vertical com fio de prumo.

Na locação por coordenadas polares, empregando-se estação total, deve-se proceder à conferência das dimensões da laje, e os procedimentos são os seguintes:

- a) Locação do ponto de origem do sistema de coordenadas polares;
- b) Locação do ponto que define o alinhamento zero (alinhamento de partida);
- c) Locação dos pontos que definem a posição dos blocos-chave;
- d) Nivelamento da laje e assentamento dos blocos-chave.

Quando o projeto prevê mais de um pavimento, os pontos de referência da locação (origem do sistema de coordenadas polares e o ponto que define o

alinhamento zero) devem ser transportados para o pavimento a ser executado por meio do prumo ótico do equipamento, com o auxílio de visitas deixadas na laje na mesma prumada dos referidos pontos.

3.4.4.2. Assentamento da Primeira Fiada

Após a locação e assentamento dos blocos-chave, os blocos que definem a primeira fiada devem ser posicionados próximos das linhas a fim de verificar se a modulação indicada no projeto está correta. Neste caso, o assentamento dos blocos deve ser procedido, empregando-se a argamassa de cimento e areia (traço 1:2,5). Caso sejam observadas juntas com espessuras superiores a 3 cm em algumas paredes, os blocos da primeira fiada dessa parede devem ser grauteados.

Caso seja impossível o assentamento de alguns blocos da primeira fiada no nível pré-estabelecido com junta de 1cm por convexidades localizadas, pode-se tentar assentar os blocos do referido nível com uma junta de espessura menor, porém não inferior a 5mm. Na impossibilidade, os blocos devem ser assentados com juntas de 5mm e o desnível ainda verificado deve ser corrigido por procedimento semelhante, nas fiadas subseqüentes.

3.4.4.3. Elevação da Alvenaria

3.4.4.3.1. Ferramentas e Equipamentos

Para a execução de uma parede estrutural de blocos de concreto, é necessário a utilização de algumas ferramentas e equipamentos que devem ser administrados pelo gerenciamento e são descritos a seguir:

Segundo Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2002), as ferramentas comumente empregadas no mercado para manuseios de argamassas são:

- a) Colher de Pedreiro: é ainda a mais empregada devido à experiência dos pedreiros com a alvenaria convencional. Contudo, produz filetes de argamassa de espessura variável e a produtividade no assentamento é geralmente baixa;
- b) Meia Colher de Pedreiro: é uma adaptação de uma colher grande de pedreiro, da qual se cortam as laterais, afinando-a e tornando-a mais adequada ao assentamento de blocos. Muitos assentadores preferem empregar esse tipo de ferramenta para o assentamento dos blocos, por possuir basicamente as mesmas características de uma colher comum, além da vantagem de se conseguir um filete de argamassa de maior comprimento e mais homogêneo;
- c) Meia Desempenadeira: nada mais é do que uma desempenadeira um pouco mais estreita, geralmente feita de sobras de compensado, tendo uma base de aproximadamente 10cm de largura e 40cm de comprimento. Para facilitar o manuseio, o cabo da meia desempenadeira normalmente é fixado com uma leve inclinação. Proporciona maior produtividade no assentamento, mas seu uso está restrito ao posicionamento dos filetes de argamassa sobre as paredes longitudinais dos blocos. As demais operações do assentamento precisam ser feitas com outra ferramenta (colher de pedreiro ou meia canaleta);
- d) Bisnaga: Esta ferramenta pode proporcionar alta produtividade, porque o filete de argamassa sai através de seu bico na forma adequada para as juntas de blocos vazados, com baixa perda de material;
- e) Colher Canaleta: tem a forma de meia cana, proporcionando maior agilidade ao pedreiro para coletar a massa na masseira. Esta

ferramenta apresenta a vantagem de formar um filete de argamassa comprido e de espessura uniforme. Porém, quando se emprega argamassas mais fluidas ou com aditivos incorporadores de ar, muitas vezes, não se consegue uma junta de argamassa de 1cm de espessura, sendo necessária a deposição de duas camadas sucessivas. Além disso, a forma côncava da ferramenta impede que a argamassa de assentamento, que possui grande coesão, se desprenda da mesma, demandando tempo e exigindo maior esforço do operário para a colocação do filete. Normalmente, para evitar esse problema, o assentador trabalha com um recipiente com água ao seu lado, para molhar a ferramenta de tempo a tempo. Como no caso da meia desempenadeira, o seu uso deve ser conjugado com outras ferramentas para a execução das demais operações de assentamento. A meia colher canaleta, que é uma versão mais curta do equipamento, pode ser uma opção para auxiliar na execução destas operações;

- f) Desempenadeira: a tradicional desempenadeira, comumente empregada pelos assentadores para deposição de uma pequena quantidade de massa para posterior trabalho com a colher de pedreiro, pode ser empregada também para formação do filete de argamassa para assentamento de blocos de concreto. Para isso, coloca-se uma quantidade de massa na mesma e segurando-a pelo cabo com as duas mãos, procede-se raspagens sucessivas da ferramenta sobre as bordas dos blocos. Para se trabalhar com essa ferramenta é imprescindível o emprego de uma colher de pedreiro que serve para a deposição de massa na desempenadeira e para a formação dos filetes horizontais transversais. Essa ferramenta para assentamento tem como vantagem o fato de os operários já estarem acostumados a manuseá-la, resultando em boa produtividade e baixo desperdício de material.

As ferramentas e equipamentos comumente empregados no mercado para auxiliar a execução da alvenaria, conforme descreve Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2002) são:

- a) Réguas de Bolhas: geralmente feita de alumínio ou plástico, serve para verificar o prumo, planicidade da parede e nível da fiada no assentamento da alvenaria, podendo ser encontradas no mercado réguas de até 2,0m de comprimento com 5 bolhas. Por ser rígida e comprida, esta régua se apóia nos blocos que estão salientes na parede, permitindo ao pedreiro a comparação e correção das posições dos mesmos durante o assentamento. Caracteriza-se, portanto, como uma das principais ferramentas empregadas para garantir a qualidade das paredes de alvenaria estrutural quanto à posição dos blocos;
- b) Masseira: como o próprio nome indica, a masseira é um equipamento empregado para a deposição da argamassa após sua mistura, funcionando como um pequeno depósito móvel para facilitar o trabalho de assentamento. Apesar de seu maior peso, se comparado com as masseiras plásticas, as masseiras metálicas são maiores e mais resistentes, sendo comumente empregadas em obra. As plásticas não são fabricadas com esta finalidade e, por isso, nem sempre possuem as dimensões apropriadas e sua durabilidade é baixa. A masseira de madeira não deve ser usada em obra, pois absorve parte da água da argamassa, reduzindo seu tempo de uso e prejudicando sua trabalhabilidade;
- c) Escantilhão: é um equipamento instalado na face do encontro de paredes para definir o prumo da alvenaria, bem como o nível das fiadas. Consta de uma haste de seção quadrada ou em forma de

cantoneira, dotada de dois pés telescópicos, cujas extremidades possuem furos para fixação na laje por meio de parafuso e bucha. Muitos equipamentos mais modernos possuem uma régua deslizante com sulcos horizontais com espaços de 20cm entre um e outro, o que permite a fixação das linhas de náilon que definem o nível das fiadas. Seu uso é opcional e depende muito da adaptação da mão-de-obra a algumas de suas limitações;

- d) Carrinho para Blocos ou Carrinho Espeto: este é o carro mais indicado para transporte de blocos de concreto. Possui duas hastes verticais na base, que servem para espetar os blocos de concreto pelos furos e içá-los, todos de uma só vez. Sua capacidade é de 10 a 12 blocos, que devem ser empilhados mantendo-se os furos na horizontal. Seu uso dispensa a necessidade de colocar e retirar um a um os blocos do carro, facilitando a carga e descarga e, conseqüentemente, proporcionando maior rapidez no transporte;
- e) Andaime: À partir da sétima fiada (acima de 1,40m), torna-se difícil o assentamento dos blocos, exigindo grande esforço do operário para elevá-los além dessa altura. Para facilitar o assentamento, são empregados cavaletes metálicos e sobre estes, compensados ou tábuas servindo de base para os pedreiros. Esse equipamento é comumente chamado de andaime, montado de acordo com a seqüência de execução das paredes. Com o emprego dos andaimes, aparentemente, as condições de assentamento dos blocos são similares às das fiadas inferiores da parede. No entanto, a produtividade sofre uma queda nesta fase devido a uma série de fatores:
- Montagem e desmontagem do andaime;

- Armazenamento de pequena quantidade de blocos sobre o andaime, fazendo com que o pedreiro dependa bastante do servente para elevar os materiais do piso ao andaime;
- Dificuldade de locomoção em virtude da pequena área disponível;
- Dificuldade de acesso a todos os pontos da parede;
- Risco de queda, representando mais uma preocupação para o pedreiro.

f) Nível Alemão e Nível a Laser Rotatório: um equipamento barato e muito empregado em obras de alvenaria estrutural para o nivelamento da laje, blocos-chave e das fiadas é o nível alemão. Consiste em um recipiente com água, normalmente uma garrafa PET (polietileno tereftalato), com o fundo cortado e posicionado de ponta cabeça sobre um tripé. Na parte inferior do recipiente, uma das pontas da mangueira é acoplada e a outra extremidade fixada em um régua de madeira dotada de uma escala com precisão milimétrica. O princípio de funcionamento é semelhante ao do nível de mangueira comumente empregado nas obras, com a vantagem de uma das extremidades da mangueira, a que está ligada ao fundo do recipiente, permanecer fixa. Posicionando-se a régua perfeitamente na vertical sobre o ponto onde se deseja determinar o nível, consegue-se comparar, por diferença de leitura na escala, o nível do ponto em questão em relação a algum outro nível definido como referência. No caso de verificação dos níveis de tetos, o

procedimento é semelhante, encostando-se o topo da régua no ponto que se deseja nivelar.

O nível a laser rotatório é um equipamento que emite um fino e intenso feixe de ondas luminosas, girando constantemente em um plano horizontal. O equipamento funciona basicamente como o nível alemão, quando empregado para nivelamento, sendo mais prático de ser utilizado, pelo fato de não ser necessário arrastar a mangueira de um lado para outro. No entanto, quando do seu emprego, não deve haver nenhum obstáculo entre o equipamento e o ponto que se deseja nivelar. Normalmente, o equipamento é instalado na região central da laje e, com a auxílio de uma régua (metálica ou de madeira) com uma trena a ela acoplada, determina-se uma leitura sobre a escala onde o centro do feixe de laser cruza a mesma. Em alguns casos, quando não se emprega a trena, pode-se simplesmente conferir o nível em relação a algum outro ponto definido com referência;

g) Outros Equipamentos Empregados na Execução das Paredes de Alvenaria Estrutural:

- Martelo de borracha: para bater sobre o bloco até que atinja sua posição final na fiada;
- Fio de prumo: para auxiliar o assentador na colocação dos blocos e garantir que a parede fique no prumo;
- Nível de mangueira: menos prático e preciso do que os outros tipos de níveis já citados. Pode ser utilizado para conferência dos níveis da laje, dos blocos de canto e do topo das fiadas de alvenaria;

- Esquadro: muito empregado para conferir a perpendicularidade das paredes e a marcação da posição dos blocos-chave na laje;
- Trena: empregada durante a locação dos blocos-chave e para eventuais conferências de medidas e dimensões de aberturas.

3.4.4.3.2. Estabelecimento do Prumo, Alinhamento e Nivelamento das Paredes

Após o término da 1ª fiada, começa-se o trabalho de elevação das paredes. Primeiramente, deve-se definir o prumo, o alinhamento e o nível que as fiadas constituintes da parede deverão seguir. Para isso, nesta etapa, utiliza-se o escantilhão. O emprego deste tipo de equipamento viabiliza a definição simultânea do prumo, do alinhamento e do nivelamento da parede quando esticada a linha de um escantilhão a outro. Antes de instalá-lo, o procedimento usual é executar a primeira fiada, pois o equipamento pode ser apoiado no canto da parede, encostado na face interna dos blocos. Alguns construtores, entretanto, têm instalado o escantilhão no canto, antes mesmo do posicionamento dos blocos-chave, alegando que este procedimento agiliza a execução da primeira fiada e aumenta a precisão da locação das paredes.

Para a sua instalação, são necessários alguns cuidados como:

- Regularização da superfície da laje;
- Posicionamento do escantilhão no canto interno do encontro de paredes;
- Fixação dos pés do escantilhão com argamassa de cimento e areia;

- Verificação do prumo do escantilhão e aperto final dos parafusos dos pés telescópicos;
- Regulagem da régua deslizante para fazer coincidir o nível do primeiro sulco de fixação das linhas de náilon com o topo da primeira fiada. No caso de posicionamento do escantilhão antes de se executar a primeira fiada, este nível será exatamente 20 cm acima da cota do canto mais alto da laje.

3.4.4.3.3. Assentamento dos Blocos Intermediários

O assentamento dos blocos intermediários corresponde ao preenchimento do meio da fiada, sendo a operação que proporciona maior produtividade na elevação das paredes.

Após o posicionamento dos escantilhões, o pedreiro realiza as seguintes atividades para completar a fiada:

- a) Colocação da Linha: estica-se uma linha de um escantilhão a outro, para que sejam definidos o alinhamento e o nível a ser seguido no assentamento dos blocos intermediários da parede a ser executada;
- b) Colocação da Argamassa: primeiramente são colocadas as argamassas horizontais longitudinais e transversais sobre os blocos da fiada inferior. Em seguida é feito o encabeçamento do bloco a ser assentado, colocando-se a argamassa que formará a junta vertical da parede, no topo do mesmo;

- c) Posicionamento do bloco: com as duas mãos faz-se à colocação do bloco, apertando-o na horizontal e vertical para que a argamassa das juntas fique bem aderida aos blocos já assentados;
- d) Ajuste do bloco: Com o auxílio de um martelo de borracha é feito o ajuste no bloco recém assentado, mantendo-o no nível e alinhamento definidos pela linha esticada entre os escantilhões;
- e) Conferência do prumo, nível e alinhamento: Com o auxílio de um fio de prumo e nível de bolha, deve-se proceder à verificação do prumo, do nível e do alinhamento do bloco assentado, em relação aos blocos das fiadas inferiores e aos blocos laterais já assentados anteriormente;
- f) Raspagem da rebarba externa da argamassa: empregando-se uma das ferramentas apresentadas anteriormente (colher de pedreiro, meia colher, meia desempenadeira, desempenadeira ou colher canaleta), deve-se proceder à raspagem das rebarbas externas de argamassa que ficaram na parede. Durante esta etapa, deve-se proceder também ao preenchimento de eventuais vazios das juntas de argamassa, principalmente, verticais.

3.4.4.3.4. Tratamento das Juntas

Após a raspagem das rebarbas externas, na maioria das vezes, é passada apenas uma esponja “úmida” para uniformizar a textura da junta, reduzindo a quantidade de vazios em sua superfície e, conseqüentemente, sua permeabilidade.

Normalmente, no caso da alvenaria estrutural de blocos de concreto aparente são empregados acabamentos nas juntas de argamassa que, além de reduzir os

problemas de infiltração, resultam em um efeito estético interessante nas paredes. Entretanto, deve-se tomar muito cuidado para que esses detalhes de juntas não sejam feitos de forma errônea, pois podem resultar em pequenos nichos que facilitam o acúmulo de água, bem como sua infiltração, segundo Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2002).

3.4.4.3.5. Grauteamento

Em casos da alvenaria armada, cintas de amarração, vergas e contravergas, ou em certas situações previstas em projeto, é necessário o grauteamento dos vazados dos blocos (grauteamento vertical) e das canaletas (grauteamento horizontal) para consolidar a armadura com as unidades da alvenaria.

No caso de grauteamentos na horizontal, os procedimentos empregados são semelhantes aos de uma concretagem convencional de vigas de concreto armado. Primeiramente, é feita a limpeza das canaletas, retirando-se as rebarbas da argamassa de sua parte interna que, por ventura, não tenham sido raspadas na etapa de assentamento das mesmas. Após essa limpeza, a armadura deve ser posicionada e o graute lançado. Alguns construtores empregam colarinhos de madeira ou metálico, nos grauteamentos na horizontal a fim de reduzir os resíduos provenientes do escoamento de graute pelas paredes dos blocos, evitando desperdício de material e agilizando a etapa de grauteamento.

Grauteamento na vertical, normalmente, são executados em duas etapas: a primeira, após a conclusão da sexta ou sétima fiada (parede a meia altura) e a segunda, imediatamente antes do assentamento das canaletas da cinta de amarração, seguindo-se os seguintes passos:

- a) Visitas: devem ser executados furos de dimensões mínimas de 7,5cm de largura x 10cm de altura ao pé de cada prumada a ser grauteada;
- b) Limpeza dos Vazados dos Blocos: deve-se proceder à eliminação das rebarbas das juntas nos vazados dos blocos com uma barra de aço e retirar cuidadosamente, através das visitas, todo o entulho acumulado na base da parede. Cabe salientar que existe uma natural saliência interna na posição correspondente ao topo de cada bloco devido à conicidade dos furos dos blocos, resultando em um pequeno acúmulo de argamassa mesmo após a limpeza;
- c) Colocação da Armadura: após a limpeza dos vazados dos blocos, deve-se colocar a armadura de modo que ela fique posicionada na vertical obedecendo às prescrições do projeto;
- d) Lançamento e Adensamento: após as etapas mencionadas acima, deve-se verter o graute nos vazados dos blocos, com o auxílio de um balde e de um colarinho de aço posicionado sobre o bloco a ser grauteado, de modo a evitar perda de material e, principalmente, sujar as paredes. O graute pode ser vibrado, empregando-se um vibrador de agulha de pequeno diâmetro, porém a prática mais comum, durante o lançamento, é o seu adensamento com o auxílio de uma barra de aço. Durante a etapa de lançamento e adensamento, deve-se observar a saída do graute pelas visitas, que indica preenchimento completo do furo, colocando-se, posteriormente, um anteparo (normalmente um pedaço de madeira) para conter o seu escoamento. Após a pega do graute, este anteparo deve ser removido e procedida a rasadura do furo. Alguns projetistas e construtores recomendam umedecer a superfície

interna do furo, antes do lançamento do graute, porém essa prática ainda vem sendo bastante discutida.

Os procedimentos acima descritos, entretanto, além de consumirem tempo de execução das alvenarias, não resolvem todas as situações de grauteamento vertical. Por exemplo, no caso dos cantos da parede onde são empregados sistematicamente os blocos de 34cm de comprimento, a continuidade da coluna de vazados dos blocos não é perfeita, dificultando a raspagem das rebarbas internas. Além disso, não é possível a remoção do material raspado através de furo na base da coluna, a não ser que este tenha sido feito na face externa da parede. Assim sendo, o procedimento considerado ideal é a utilização de uma argamassa adequadamente concebida para ser utilizada em filetes delgados para que, durante o assentamento, não haja uma invasão apreciável das rebarbas nos vazados internos dos blocos, dispensando a posterior operação de remoção.

3.4.4.4. Execução das Instalações

Em obras de alvenaria estrutural, geralmente a parte de instalações (elétrica e hidráulica) são incorporadas às paredes sem que sejam feitos rasgos após a execução das mesmas. Para tal, são respeitados alguns procedimentos e artifícios durante a fase construtiva, que serão apresentados a seguir.

3.4.4.4.1. Instalações Elétricas e Telefônicas

As etapas referentes às instalações elétricas realizadas durante a execução da alvenaria resumem-se, basicamente, à passagem dos eletrodutos e ao posicionamento das caixas de passagem elétricas 4"x2" e 4"x4" nos pontos comumente chamados de pontos elétricos (locais onde estão instalados interruptores ou tomadas). Esses pontos elétricos devem ser indicados em projeto, nas plantas de elevação para que, durante o assentamento, sejam posicionados os blocos elétricos, quando empregados, nas suas

devidas posições. Os blocos elétricos podem ser cortados antes; após o assentamento dos blocos, instalar as caixas de passagem, ou cortar e fixar as caixas de passagem antes do assentamento dos blocos. No caso de se optar pelo corte posteriormente, os blocos destinados ao embutimento das caixas de passagem, devem ser marcados com um giz de cera sobre a alvenaria, durante a fase de elevação.

Antes do assentamento das canaletas da cinta de amarração da alvenaria do pavimento em construção, um funcionário responsável pela parte das instalações, deve percorrer a obra, executar os cortes e fixar as caixas de passagem elétrica.

A passagem dos eletrodutos verticais pode ser feita durante o assentamento dos blocos ou ao término da execução das paredes, antes do grauteamento das canaletas da cinta de amarração.

Quando se passa os eletrodutos verticais após o término das paredes, alguns procedimentos são recomendados:

- Furar a canaleta no ponto de descida marcado;
- Introduzir o eletroduto no furo com o auxílio de uma barra de aço com um gancho próximo à sua extremidade inferior para a fixação da ponta do eletroduto;
- Puxar a ponta da mangueira para fora da parede quando ela aparecer no ponto onde será fixada a caixa de passagem;
- Fixar a mangueira na caixa de passagem e chumbar a caixa na parede com argamassa.

Normalmente são colocados pedaços de papel entre o eletroduto e as bordas do furo da canaleta para que não escorra material durante o grauteamento da cinta de amarração.

Nos casos em que há grande quantidade de eletrodutos em prumadas, devem ser previstos “shafts” embutidos nas paredes ou feito enchimentos externos para que as instalações fiquem independentes e sobrepostas às paredes estruturais.

3.4.4.4.2. Instalações Hidro-Sanitárias e Incêndio

Como no caso das instalações elétricas, a passagem de prumadas verticais de tubos hidráulicos e sanitários nas paredes tem que ser pré-definida em projeto e constar das plantas de elevação das paredes. Assim sendo, o construtor só precisa definir se a tubulação das prumadas ficarão incorporadas em “shafts”, embutidas na parede ou externa com enchimento. Como já foi citado, a opção mais recomendada é o uso de “shafts”, pois facilita uma posterior manutenção das instalações. Neste caso, a tubulação deve ser fixada firmemente no fundo do “shaft” com braçadeiras para evitar vibrações futuras. O fechamento destes “shafts” pode ser feito com placas parafusadas removíveis ou com placas delgadas ligadas umas às outras por colas ou argamassas colantes. Um procedimento sempre recomendado, antes dos fechamentos dos “shafts” ou, principalmente, antes do embutimento das tubulações com argamassa, é o teste de carga das tubulações hidráulicas.

3.4.4.5. Aberturas

As aberturas em paredes resistentes devem ser consideradas no cálculo da alvenaria estrutural. Para a execução das aberturas das janelas, usam-se as vergas e contravergas, que possuem a função de distribuir as cargas que seriam resistidas pelos blocos que preencheriam supostamente os vãos. As vergas e contravergas são

executadas com canaletas "U", preenchidas com graute e armadura, conforme sua solicitação.

No caso das vergas e contravergas da janela, pode-se utilizar quadros pré-moldados de argamassa armada ou gabaritos metálicos, quando do requadramento, para se manter a uniformidade dos vãos.

No caso das vergas da porta, como normalmente são utilizadas portas de 2,10m de altura, é aconselhável o uso de uma peça pré-moldada sob a fiada dos blocos canaletas. Esta peça pode ser adquirida em fábricas de pré-moldados ou confeccionada no próprio canteiro da obra. Este procedimento, agiliza a execução da verga, pois seu posicionamento é feito por assentamento similar ao dos blocos, além de dispensar o uso de escoramento para o assentamento dos blocos-canaleta na fiada superior.

3.4.4.6. Cintas de Amarração e Execução das Lajes

A função principal da cinta de amarração é a de consolidar as paredes para facilitar a transmissão de esforços horizontais, proveniente das lajes, e verticais, oriundos das paredes dos pavimentos superiores.

Sabe-se que a falta de nível da cinta de amarração dificulta a construção da laje e pode deixar o teto do pavimento desnivelado, tornando necessário aumentar a espessura do seu revestimento. Vale ressaltar que a tolerância máxima de desnível em paredes resistentes, permitida pela norma brasileira NBR 8798 (ABNT, 1985) é de 1cm por pavimento. Por isto, o perfeito nivelamento de todas as fiadas e, principalmente, o das canaletas da cinta é de fundamental importância. Obter-se o nivelamento desta fiada apenas por espessamento excessivo da junta de argamassa sob as canaletas é

um procedimento totalmente errado, pois induz a tensões de tração no topo dos blocos da fiada anterior, diminuindo a capacidade portante da alvenaria.

O assentamento da cinta de amarração segue a modulação do projeto, assim como as demais fiadas. Os blocos utilizados para a cinta são as canaletas “U” ou “J” que, por serem vazadas no sentido longitudinal da peça, permitem a continuidade do graute e da armadura na cinta.

Outro ponto a ser considerado na execução da cinta de amarração é o fechamento dos cantos, que geralmente é feito com fôrmas ou com cortes feitos na canaletas “U” ou “J” a 45°, permitindo a fechamento do canto da cinta.

Após o assentamento das canaletas e eventual colocação dos eletrodutos, dispõe-se a armadura na cinta.

A concretagem da cinta de amarração pode-se dar de duas formas distintas. No caso de lajes maciças, por exemplo, o apoio da fôrma é independente da cinta. Para isto, são colocadas escoras encostadas nas paredes para apoiar as longarinas que sustentam o assoalho da fôrma. Após o posicionamento da armadura e de toda a tubulação a ser embutida na laje, bem como a ligação dos eletrodutos verticais com os horizontais, é realizada a concretagem da cinta juntamente com a da laje. Outra solução adotada no caso de lajes pré-moldadas do tipo vigota e tavela, painel ou treliçada é apoiar diretamente as peças sobre as abas da canaleta. Neste caso, deve-se proceder primeiramente ao grauteamento da canaleta e aguardar seu endurecimento para permitir o apoio das peças, sem que haja quebra das abas. A seguir são posicionadas as armaduras e eletrodutos e procedida a concretagem da capa da laje. No caso do emprego de lajes maciças pré-moldadas, onde as peças já contêm toda a armadura e instalações previamente embutidas, deve-se também proceder à concretagem da cinta de amarração antes de se apoiar as lajes. Os vãos existentes entre as lajes são concretados posteriormente.

No caso das lajes maciças moldadas “in loco” ou nas pré-moldadas em que a capa é concretada na obra, deve-se tomar extremo cuidado com o nivelamento da sua superfície. O uso de réguas-guia metálicas dispostas por apoios rosqueáveis nivelantes (“macaquinhos”) é uma boa solução construtiva.

3.4.5. Laje de Cobertura

As lajes de cobertura de um edifício, submetidas à insolação direta ou transmissão do calor incidente no telhado, estão sujeitas às movimentações causadas por efeitos térmicos que podem estar restringidas por elementos estruturais a elas vinculados. Destaca-se aqui o vínculo entre a laje e as paredes, principalmente as externas, que exigem cuidados especiais.

Mesmo adotando-se a solução proposta de se reduzir o atrito entre a laje e as paredes do último pavimento, alguns cuidados devem ser tomados na sua execução. O primeiro deles é quanto à concretagem da cinta de amarração, onde se deve observar o seu perfeito nivelamento e planicidade. No caso de lajes maciças moldadas “in loco”, deve-se zelar para que o nível do assoalho das fôrmas fique acima da cota das abas das canaletas para evitar a ocorrência de uma restrição lateral. Por fim, a adoção de um acabamento de cantos de teto (“roda-tetos”) é obrigatória para ocultar a fissura que irá certamente ocorrer entre a laje e a parede. Este acabamento deve estar fixado somente a um dos elementos estruturais, neste caso à parede, para evitar que a movimentação diferencial seja transmitida a ele.

Devido a todas estas dificuldades, o ideal, como já foi mencionado, é conceber no projeto, a laje de cobertura de forma descontínua, com juntas de dilatação sobre as paredes. A execução fica facilitada e pode-se dispensar os “roda-tetos”. O único cuidado a ser tomado é o cobrimento imediato desta laje para se evitar infiltração da água da chuva pelas juntas de dilatação.

3.4.6. Revestimentos

Como as paredes são executadas com maior rigor em relação ao prumo e ao alinhamento, com desvios dificilmente superiores a 5mm, além da alta precisão dimensional dos blocos, o revestimento das paredes se torna uma atividade vantajosa na alvenaria estrutural.

No caso de paredes internas, o gesso possibilita revestimentos com até 3mm de espessura. A produtividade na aplicação deste tipo de revestimento é alta. Já o reboco de argamassa industrializada ou pré-misturada pode ser executado com espessura de 5mm. A técnica de aplicação desta argamassa é distinta da convencional, pois não é preciso "chapear" a parede. A argamassa é aplicada e espalhada com desempenadeira proporcionando uma produtividade bastante elevada na execução.

Em paredes externas, também são utilizadas as argamassas industrializadas; quanto à espessura, devem ser observadas as prescrições normativas que estabelecem valores mínimos.

Os fabricantes de blocos e associações afins têm buscado, junto a organismos financiadores de construção, a aprovação do uso de certos tipos de tintas de base acrílica para serem aplicados diretamente sobre o bloco, em fachadas das edificações, dispensando um revestimento prévio de argamassa. Algumas aplicações deste tipo de revestimentos tem sido feitas no Brasil. Entretanto, cuidados especiais precisam ser tomados quando da execução destas alvenarias para se evitar problemas de infiltração de água, conforme Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2002).

Em se tratando de revestimentos com material cerâmico, este pode ser aplicado diretamente com argamassa colante sobre a superfície dos blocos. Neste caso, durante a execução das paredes onde será aplicado o revestimento, deve-se

estabelecer o alinhamento das fiadas pela face de assentamento da cerâmica para evitar pequenos desníveis devido ao uso concomitante de blocos de diferentes geometrias que podem exibir pequenas variações de espessura.

Algumas empresas, entretanto, preferem aplicar uma argamassa de regularização na parede antes do assentamento da cerâmica para diminuir sua aderência excessiva com os blocos e facilitar eventuais extrações de peças em caso de manutenção de instalações ou troca de revestimento. Esta fina camada de argamassa pode ser aplicada com desempenadeiras metálicas. A fixação das peças deve ser feita com argamassa colante de boa qualidade.

3.5. Controle da Qualidade

O controle de qualidade das construções em alvenaria estrutural apresenta-se mais simples do que o de uma obra construída com estrutura de concreto armado. Isto se verifica pelo menor número de insumos a serem controlados durante a execução da obra. Além disso, o principal componente da alvenaria estrutural é o bloco de concreto, cuja qualidade, incluindo a resistência à compressão, pode ser determinada antes mesmo do início da execução da estrutura, conforme descreve Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2002).

3.5.1. Controle dos Materiais

3.5.1.1. Blocos de Concreto para Alvenaria Estrutural

A norma brasileira NBR 6136 (ABNT, 1994) fixa as condições exigidas para aceitação dos blocos de concreto. Alguns dos principais parâmetros especificados por esta norma são:

- a) Inspeção Visual: Quando do recebimento de uma carga de blocos, deve-se realizar uma inspeção visual, observando se os mesmos apresentam-se homogêneos, compactos e com arestas vivas, não devendo possuir defeitos sistemáticos, tais como: trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações e desuniformidade da cor, ou quaisquer outros defeitos capazes de prejudicar o assentamento, bem como afetar a resistência e a durabilidade da construção. Se mais de 15% no total dos blocos apresentarem defeitos, como os mencionados acima, a carga deve ser rejeitada;
- b) Dimensões dos Blocos: Deve-se assegurar que as dimensões reais dos blocos estejam dentro dos valores estabelecidos nesta norma, e estas, não podem ultrapassar as variações dimensionais pré-estabelecidas ($\pm 3\text{mm}$ no comprimento e altura, $\pm 2\text{mm}$ na largura). Esta preocupação quanto às dimensões dos blocos está relacionada com aspectos construtivos. Variações de espessura levam a dificuldades na aplicação de revestimentos, principalmente o gesso e pinturas diretas sobre os blocos. Quanto à altura, variações afetam o processo de assentamento dos blocos podendo gerar juntas muito finas ou, o que é mais grave, mais grossas, que comprometem a resistência à compressão da alvenaria. Variações no comprimento afetam a espessura da junta vertical, dificultando o posicionamento dos blocos durante o assentamento. Deve-se verificar também as espessuras mínimas das paredes dos blocos. Variações nestas dimensões afetam a área líquida dos blocos, que se relaciona diretamente com a resistência dos blocos e com o peso próprio;
- c) Resistência à Compressão: Esta é a propriedade mais importante do bloco de concreto e precisa ser controlada com bastante rigor. A norma prescreve que todo fabricante de blocos deve passar por

uma fase de qualificação perante o comprador e, mediante aprovação desta, passar por uma fase pós-qualificação. Os ensaios de resistência à compressão devem ser executados conforme a norma brasileira NBR 7184 (ABNT, 1992);

- d) Retração: Os ensaios de retração devem ser realizados conforme a NBR 12117 (ABNT, 1991), sendo que na fase de qualificação, nenhum dos blocos ensaiados deve apresentar resultados superiores a 0,065%;
- e) Ensaio de Absorção de Água: Os ensaios de absorção de água, teor de umidade e área líquida devem ser executados conforme a NBR 12118 (ABNT, 1991), sendo que a absorção de água para qualquer um dos blocos ensaiados deve ser igual ou inferior a 10%.

3.5.1.2. Argamassas e Grautes

As argamassas e grautes devem atender às exigências mínimas especificadas na norma NBR 8798 (ABNT, 1985) – Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto – Procedimentos. O controle de resistência à compressão é feito à partir de ensaios de corpos de prova cilíndricos.

O valor da resistência à compressão das argamassas obtidas à partir de corpos de prova é para verificar a sua qualidade e o proporcionamento correto das mesmas, pois argamassas de baixa qualidade (resistências mecânicas baixas) comprometem o desempenho da alvenaria estrutural.

Para os grautes, pode-se empregar em obra o ensaio proposto pela norma americana ASTM C1019 (2003), de resistência à compressão de peças prismáticas de

7,5 x 7,5 x 7,5 cm. Este ensaio é prático e representa maior confiabilidade às condições às quais o graute é submetido em obra.

3.5.1.3. Ensaio de Prismas

A norma brasileira NBR 8798 (ABNT, 1985) orienta para que sejam feitos controles periódicos de resistência à compressão de prismas cheios (grauteados) ou ocos, moldados segundo recomendações da norma brasileira NBR 8215 (ABNT, 1982). Cada lote deve corresponder a uma semana de produção, ou a um andar, ou a 200m² de área construída, ou a 500m² de parede, escolhendo-se o mais desfavorável. A norma estipula que a amostra representativa de cada lote contenha no mínimo seis exemplares. O controle contínuo de produção da alvenaria é a maior garantia de obtenção do grau de segurança estrutural exigido. Isto porque, ao se avaliar a resistência de corpos de prova de alvenaria (prismas ocos e cheios) moldados no canteiro de obras, está se avaliando concomitantemente: as características dos blocos, das argamassas e dos grautes; o efeito conjunto destes materiais; a influência da mão-de-obra e a influência das condições ambientais. Esta metodologia é aceita internacionalmente como a mais completa e, quando bem conduzida, a mais conclusiva sobre o desempenho estrutural de estrutura em alvenaria, segundo Sabbatini (2002).

3.5.1.4. Aços

Normalmente são usados os aços classe A ou B CA-50 e CA-60 e devem obedecer às normas referentes à tração, ao dobramento e à aderência.

3.5.2. Controle da Execução da Obra

Na fase da execução, o controle deve ser rigoroso para se conseguir concluir com sucesso o empreendimento. Para isto são enfatizados alguns cuidados e formas de controlar, algumas etapas da construção de um edifício, tais como:

- a) Locação das Fundações e Estruturas de Transição: A locação das fundações deve ser feita com muito cuidado, obedecendo-se a uma boa técnica. Quando se emprega fundações profundas, no alinhamento das paredes, a tolerância de desvio do eixo da fundação em relação ao eixo das paredes deve ser mínima para não causar esforços de torção na viga de coroamento. Se existir estrutura de transição em concreto armado, a locação deve obedecer totalmente ao projeto, pois erros superiores a um centímetro podem causar alterações nas plantas de primeira e segunda fiadas, elevação e reforços estruturais nas vigas. O processo de correção dessas falhas é difícil e caro. Portanto, recomenda-se o uso de equipamentos topográficos, não só para a locação da fundação, como também para uma severa conferência após a conclusão destes serviços. É necessário verificar também as dimensões das fôrmas das vigas de transição antes da concretagem;
- b) Nivelamento da Laje: Antes da execução da primeira fiada de blocos em cada pavimento, deve-se proceder à verificação do nível da laje. Este nivelamento deve ser executado com nível óptico, teodolito, nível a laser ou nível alemão. Deve-se nivelar os cantos das lajes, no caso de serem retangulares, ou os outros pontos a serem definidos pelo posicionamento dos blocos-chave na planta de locação da primeira fiada. O ponto mais alto será a referência de nível para a execução das alvenarias;
- c) Nivelamento dos Blocos Chave: Toma-se por base o topo do bloco de referência, verificando se os topos dos demais blocos-chave estão no mesmo nível. O equipamento utilizado deve ser um dos citados acima. Este procedimento deve ser realizado antes de se

esticar as linhas de náilon que definirão o alinhamento e o nível da primeira fiada;

- d) Espessura da Junta de Arranque: Recomenda-se que a primeira fiada seja assentada com uma argamassa de cimento e areia com traço em volume de 1:2,5. Se a espessura da junta com a laje for superior a 3cm, todos os blocos da parede, onde isto ocorreu, devem ser grauteados;
- e) Prumo dos Escantilhões / Castelinhos: É fundamental o controle e a conferência do prumo dos escantilhões, seu desaprumo é inconcebível. O desaprumo pode ocorrer durante a instalação, no esticamento das linhas para a definição dos níveis das fiadas, ou mesmo após o assentamento de alguns blocos tangentes a eles. Constantemente, deve-se verificar o prumo com o auxílio de uma régua de bolhas ou prumos para escantilhões, procedendo-se imediatamente à correção de seu posicionamento, caso necessário. Quando os escantilhões não estiverem sendo utilizados deve-se, a cada fiada, conferir o prumo dos castelinhos com o prumo do pedreiro ou da régua de bolhas;
- f) Nível e Alinhamento das Fiadas: Os mesmos são praticamente garantidos com o posicionamento das linhas de náilon a partir dos blocos de canto (castelinhos) ou dos escantilhões. Quando a distância entre as extremidades da linha for maior que 4m, deve-se verificar o nível da posição central da mesma com um equipamento apropriado. Se o desnível observado for superior a 3mm, deve-se esticar mais a linha. Mesmo fazendo estas verificações, é importante que se faça uma conferência no nível da 6ª fiada. Pois assim, estará se evitando uma possível correção na última fiada e que esta tenha que absorver todo o erro acumulado de

nivelamento, fazendo com que a última junta fique muito espessa em certas paredes, o que comprometeria sua resistência;

- g) Planicidade das Paredes: Ela é fundamental, dependendo do tipo e da espessura do revestimento a ser aplicado na alvenaria. O controle faz-se com uma régua de bolhas de comprimento da ordem de 2m apoiada na face de referência da parede (face onde foi esticada a linha na construção das fiadas) e esta, mostra os seus desvios de planicidade que devem ser no máximo de 3mm. Na face oposta da parede, deve ser verificado visualmente se os blocos de diferentes tipologias não apresentam uma diferença acentuada de espessura, mesmo dentro das tolerâncias da norma. Lembre-se de que esta tolerância é de até ± 2 mm, o que pode gerar um desnível de até 4mm entre blocos. Se isto acontecer, deve-se trocar as partidas dos blocos especiais ou espessar o revestimento nessa face da alvenaria;
- h) Posicionamento dos Blocos Especiais: Se estiver previsto o uso de blocos especiais nas alvenarias (blocos elétricos e hidráulicos), deve ser verificado o seu correto posicionamento durante a execução. Para esta verificação, junto a cada parede em execução, a sua planta de elevação deve estar disponível. Especialmente quando da execução da 2ª e da 6ª fiadas, deverá ser dada maior atenção, pois normalmente são as que contêm as caixas elétricas para acomodar as tomadas e os interruptores;
- i) Armaduras de Vergas e Contravergas das Janelas: As dimensões e o posicionamento das armaduras de vergas e contravergas das aberturas das janelas devem ser verificadas antes do grauteamento das canaletas;

- j) Limpeza dos Furos a Serem Grauteados: Ao assentar-se os blocos, deve-se evitar que as rebarbas da junta de argamassa invadam o vazado dos blocos. A NBR 8798 (ABNT, 1985) recomenda que a espessura desta rebarba interna seja de, no máximo, 1cm. Isto é possível com a colocação de um filete de argamassa não muito espesso (aproximadamente 2cm), mas que possua uma trabalhabilidade adequada para permitir o assentamento do bloco. Este procedimento, além de proporcionar economia de argamassa na execução da alvenaria, evita o trabalho de limpeza posterior dos vazados dos blocos, a serem grauteados;
- k) Controle da Espessura das Juntas Horizontais: A NBR 8798 (ABNT, 1985) especifica que a espessura das juntas horizontais seja de $10 \pm 3\text{mm}$. Isto se consegue pelo perfeito nivelamento das fiadas e precisão dimensional dos blocos. É verificado, que as espessuras das juntas horizontais entre 15 a 20mm implicam em quedas das resistências das alvenarias na ordem de 30 a 50%. Caso sejam encontrados valores superiores ao especificado, esse fato deve ser comunicado imediatamente ao engenheiro calculista;
- l) Controle do Nível da Cinta de Amarração: Quando do assentamento da cinta de amarração, deve ser observado, com rigor, o nível do topo dos blocos canaletas. No caso do uso de canaletas "J" nas paredes de contorno, esse nível coincidirá com o nível da laje do pavimento superior. Com relação às canaletas "U" utilizadas na cinta das paredes internas, a ocorrência de desnível será crítica, no caso do uso de lajes pré-fabricadas, pois as peças se apoiarão nas abas destas canaletas. Recomenda-se que sejam primeiramente assentadas as canaletas de canto, perfeitamente niveladas e, posteriormente, esticadas as linhas para servir como guia para o assentamento das demais canaletas intermediárias. As

abas internas dos blocos “J” servirão de referência para o nivelamento das canaletas “U” das paredes internas. Após o assentamento, estes dois níveis devem ser conferidos, preferencialmente com o nível a laser ou com o nível alemão;

- m) Verificação do Prumo das Paredes: A cada novo assentamento de primeira fiada, feito durante a construção dos diversos pavimentos de um edifício, a locação dos blocos-chave de canto deve ser precedida da transferência do prumo de referência, que se situa no térreo ou no primeiro pavimento do edifício. Esta transferência pode ser feita com fios de prumo ou com equipamentos mais sofisticados como o prumo a laser. É conveniente que, em ambos os casos, se faça uma conferência periódica da precisão desta transferência de prumo, utilizando-se o próprio prumo a laser ou um teodolito. A NBR 8798 (ABNT, 1985) fixa em $\pm 25\text{mm}$ o desvio de prumo máximo aceitável para a altura total do edifício e em $\pm 10\text{mm}$ o desaprumo da parede de um pavimento. Portanto, ao término da execução das paredes de um pavimento e ao final da construção da estrutura do edifício, deve-se verificar os desaprumos. Se forem maiores do que os limites fixados, o calculista deve ser informado para poder avaliar as implicações estruturais decorrentes desses erros de execução e determinar as medidas para reforço, caso necessárias.

Neste capítulo, foram descritas as noções básicas sobre a alvenaria estrutural, os materiais utilizados, toda a sistemática para o desenvolvimento dos projetos, as técnicas da execução da alvenaria e, finalmente, parâmetros para gerenciamento do controle de qualidade, especificamente para a alvenaria estrutural de blocos de concreto. No capítulo seguinte, está o aplicativo dos capítulos 2 e 3, ou seja, a construção do edifício, objeto do estudo.

4. GERENCIAMENTO DA CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Neste capítulo, demonstra-se um caso em alvenaria estrutural armada de blocos de concreto, onde é descrito todo o processo e parâmetros utilizados nas soluções, desde a fase de planejamento até a fase de execução. A fase de pós-ocupação, considerando o usuário, não faz parte deste escopo e portanto não fecha o ciclo da qualidade total, levando-se em consideração o usuário para retroalimentar o processo.

Trata-se de um edifício residencial de 16 pavimentos, onde o gerenciamento garante a aplicação dos cinco fatores fundamentais (projetos, suprimentos, tecnologia, gestão da mão-de-obra e organização da produção) e, conseqüentemente, justificam o sucesso do empreendimento.

O edifício é composto de: 1º e 2º subsolos, pavimento térreo e quinze pavimentos, sendo o 14º duplex. Os dois subsolos são destinados a garagens e o pavimento térreo à recepção, salas de estar, tv, reuniões, sanitários e vestiários. Nos fundos do pavimento térreo, existem garagens complementares aos dois subsolos. Há ainda na frente do edifício, um acesso social, um acesso de veículos, bem como uma cafeteria e um restaurante.

O andar tipo é composto de quatro apartamentos de dois dormitórios e um apartamento de um dormitório, perfazendo um total de setenta apartamentos. No

ático do edifício, existe uma sala de ginástica com solário e um solário para cada um dos quatro apartamentos de cobertura. Existe ainda o barrilete e os reservatórios de água quente e fria. O edifício está localizado na área residencial central na cidade de Itatiba/SP e é classificado como padrão de construção, alto. A figura 4.1. mostra o seu quadro das áreas.

O terreno possui uma topografia em declive com relação ao nível da rua e, por estas características, o projeto contemplou dois subsolos até atingir o nível térreo da rua. A solução do projeto levou aos sistemas racionalizado: convencional de concreto armado e alvenaria estrutural de blocos de concreto, a transição situa-se na cobertura do pavimento térreo. A partir do 1º pavimento tipo até a cobertura, ou seja, quinze andares, a solução foi alvenaria estrutural de blocos de concreto e laje maciça de concreto armado, moldada "in loco".

ÁREA DO TERRENO = 1.357,98 m ²		
PAVIMENTO	Área Computável	Área Não Computável
Sub-Solo 2		1.141,50
Sub Solo 1		1.357,98
Térreo		780,98
Pav. Tipo (x13)	334,66 x 13 = 4.350,58	
Cob. Inferior	334,66	
Cob. Superior	100,40	
Casa de Máquinas		23,48
Total Parcial	4.784,98	3.303,94
Total Geral	8.088,92	
TAXA DE OCUPAÇÃO = 780,98 / 1.357,98 = 57,51% COEF. DE APROVEITAMENTO = 4.759,16 / 1.357,98 = 3,50 ÁREA LIVRE NO PAV. TÉRREO = 577,00 M ² TOTAL DE 70 UNIDADES - TOTAL DE 136 VAGAS		

Figura 4.1 – Quadro das Áreas do Edifício

A obra teve uma duração de trinta e cinco meses, sendo quatro meses para fase de planejamento e trinta e um meses para a fase de construção. Neste empreendimento, utilizaram-se os conceitos tratados nos capítulos anteriores, de racionalização, qualidade, alvenaria estrutural, e principalmente o cuidado com o gerenciamento da obra em todas as suas fases, do planejamento até a execução.

4.1. Fase de Planejamento

O capítulo 2 mostrou os conceitos sobre industrialização, racionalização, qualidade e gerenciamento da construção. Já o capítulo 3 relatou uma proposta no sentido do gerenciamento, o sistema construtivo racionalizado em alvenaria estrutural de blocos de concreto. Neste capítulo, utilizando-se todos esses conceitos, é mostrado o estudo de caso, em que se utiliza da construção de um edifício, para comprovar a proposta desta tese de que o gerenciamento, desde a fase de planejamento até execução, garante o sucesso do empreendimento.

A construtora e empreendedora, neste caso, foi quem executou o gerenciamento do empreendimento. Através deste gerenciamento, foi escolhida a equipe de profissionais que iria trabalhar na viabilização deste edifício. Inicialmente, procurou-se pelo arquiteto, que de posse das necessidades do cliente, elaborou uma proposta de projeto do edifício. Após algumas reuniões de estudos, coordenadas pelo gerente de projetos, obteve-se um anteprojeto. Em seguida, houve um estudo preliminar da viabilidade econômica do empreendimento. Concluído e aprovado, a próxima fase foi a contratação, pelo gerente da empresa, do responsável pelo projeto estrutural. O gerente foi o coordenador da equipe de projetos e sempre o elo de ligação entre o empreendedor e esta equipe.

Nesta fase, após várias reuniões entre gerente, arquitetura e estrutura, definiu-se o sistema construtivo, que neste caso é o de alvenaria estrutural. Tratando-se de um edifício de 16 pavimentos, mais 2 subsolos, o sistema escolhido foi concreto armado para o térreo e os dois subsolos e alvenaria estrutural para os demais pavimentos, definiu-se com isto que a transição de sistemas construtivos,

concreto armado para alvenaria estrutural, seria através de viga em concreto armado, localizada na cobertura do pavimento térreo.

A partir desta definição, os profissionais de arquitetura e estrutura se organizaram para os devidos ajustes nos projetos. Apresentados os estudos, entraram no processo os projetistas de instalações hidro-sanitárias e elétricas. As reuniões seguiram e as alterações e detalhamentos foram surgindo, até que se obteve uma proposta final de todos os projetos. Convém ressaltar que, nesta fase, é interessante a participação do decorador e do paisagista para definições importantes e, para se garantir um projeto definitivo, evitando-se alterações significativas no decorrer da obra. Quanto melhor a qualidade dos projetos, maior será a facilidade de execução e, conseqüentemente, melhor será a qualidade da obra.

Após a conclusão dos projetos, cada especialidade elaborou o memorial descritivo com as especificações técnicas dos materiais. O gerente desta etapa encaminha todos os projetos e especificações para a empresa construtora elaborar o orçamento e os respectivos cronogramas físico e financeiro da obra. Neste momento, encerra-se a fase de planejamento do empreendimento, com todos os projetos, memoriais e especificações, bem como orçamento e cronogramas, passando-se a seguir para a fase de execução.

Convém salientar que, neste momento, três dos cinco fatores que garantem o sucesso do empreendimento, já foram contemplados, são eles: projetos, conhecimento da tecnologia e especificações dos materiais.

O critério para escolha dos profissionais da equipe de projetos foi em função dos seus currículos e principalmente pelo conhecimento do sistema construtivo em alvenaria estrutural, ou seja, domínio desta tecnologia.

A seguir, é descrita por etapas a seqüência do desenvolvimento dos trabalhos.

4.1.1. Estudos Preliminares

O objetivo do empreendedor foi a construção de um edifício residencial de alto padrão construtivo, para posterior venda de apartamentos, para um determinado nicho de clientes.

Após as análises anteriores, classificou-se o tipo de obra, verificou-se as condições locais, efetuou-se o levantamento topográfico e sondagens para conhecer as características do subsolo. No local, existiam todos os serviços públicos e foram levantados dados legais e jurídicos da área a ser ocupada, além de informações sobre o entorno. Pensou-se nos recursos técnicos e financeiros disponíveis e a partir daí verificou-se também a viabilidade econômica.

É interessante ressaltar que o sistema construtivo utilizado, foi sugerido pelo construtor, uma vez que a escolha foi feita baseada na concepção de uma obra racionalizada e, ainda, o mesmo já detinha o conhecimento tecnológico deste processo construtivo.

Com isso, passou-se a considerar que o projeto arquitetônico é restringido pelos condicionantes ligados a todos os demais projetos. Por outro lado, é ele que estabelece o partido geral do edifício e assim condiciona o desenvolvimento de todos os demais. Por este motivo, o sucesso do empreendimento depende da cuidadosa elaboração do projeto arquitetônico, que influenciará em todos os outros projetos. Caso o partido arquitetônico não seja adequado, acaba tornando-se difícil compensá-lo, através de medidas tomadas nos projetos complementares ou em intervenções na obra.

4.1.2. Anteprojetos e Projetos

Na etapa do anteprojeto, após decidido o processo construtivo (alvenaria estrutural) e demarcadas as paredes estruturais (portantes e contraventamentos) e escolhido o tipo de laje a ser usada, o processo continuou com a colocação das

paredes de vedação sem função estrutural. Tem-se que escolher, neste momento, o elemento de alvenaria (no caso, bloco de concreto), seguida pela escolha da modulação das paredes.

Nesta etapa, também foram realizadas várias reuniões com todos os envolvidos no projeto: arquiteto, engenheiro de obra, construtor, calculista, projetista de instalações hidro-sanitárias e elétricas, consultor de fundação, coordenadas pelo gerente do empreendimento. Após vários ajustes, todos os projetos foram completamente equalizados, de tal forma que um pudesse complementar o outro.

Vencida esta etapa, passou-se aos projetos definitivos. Após a primeira parte do projeto com a função das paredes já definidas, partiu-se para a modulação das mesmas em planta e elevação, além dos detalhes construtivos. Com o projeto arquitetônico pronto, o mesmo foi encaminhado para os demais projetistas (estrutura, hidráulica e elétrica) para que desenvolvessem os respectivos projetos, com os detalhamentos necessários, gerando-se aí os projetos pré-executivos.

Várias outras reuniões encabeçadas pelo gerente, com a participação de todos os projetistas foram realizadas, para o ajuste final dos projetos. Após a conclusão de todos os projetos e aprovação nos órgãos competentes, houve nova reunião com estes profissionais para definir o cronograma para entrega dos projetos executivos para a obra.

É importante ressaltar que a coordenação no gerenciamento desta fase foi de extrema importância, pois aí foram estabelecidas todas as diretrizes para o desenvolvimento do empreendimento. Todas as decisões de projeto levaram a uma "facilidade" de execução e grande produtividade, além da grande redução do desperdício. Pode-se considerar que a qualidade dos projetos, memoriais e especificações técnicas determinou a excelente qualidade final do edifício e redução de custos em função do orçado. Durante a execução da obra, foram ainda necessárias várias reuniões técnicas para esclarecimento de dúvidas, visitas à obra e até mesmo complementação de desenhos técnicos. Nas figuras 4.2., 4.3., 4.4., 4.5., 4.6. e 4.7., são mostrados projetos e alguns detalhes.

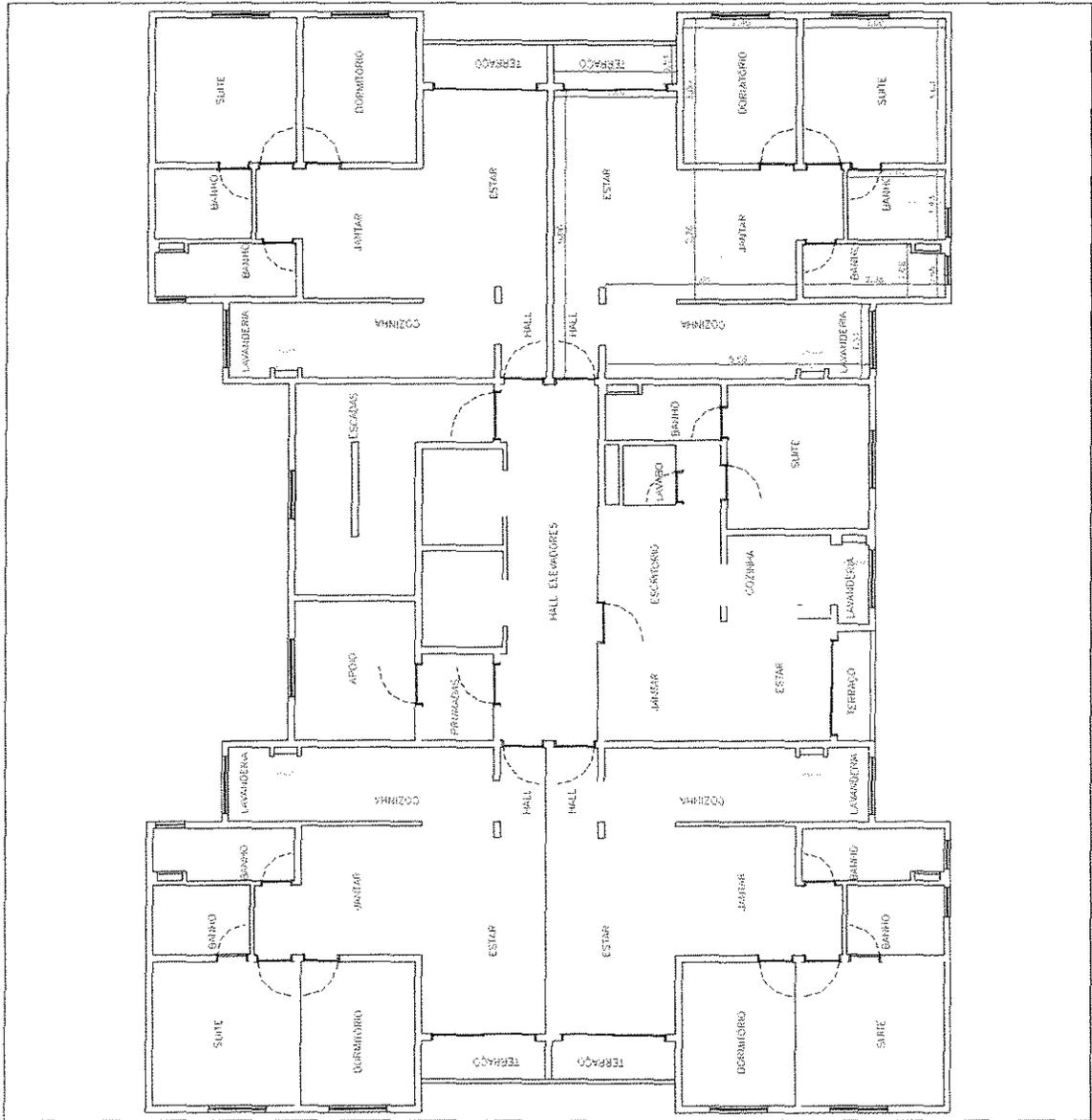


Figura 4.2. – Planta Baixa do Pavimento Tipo

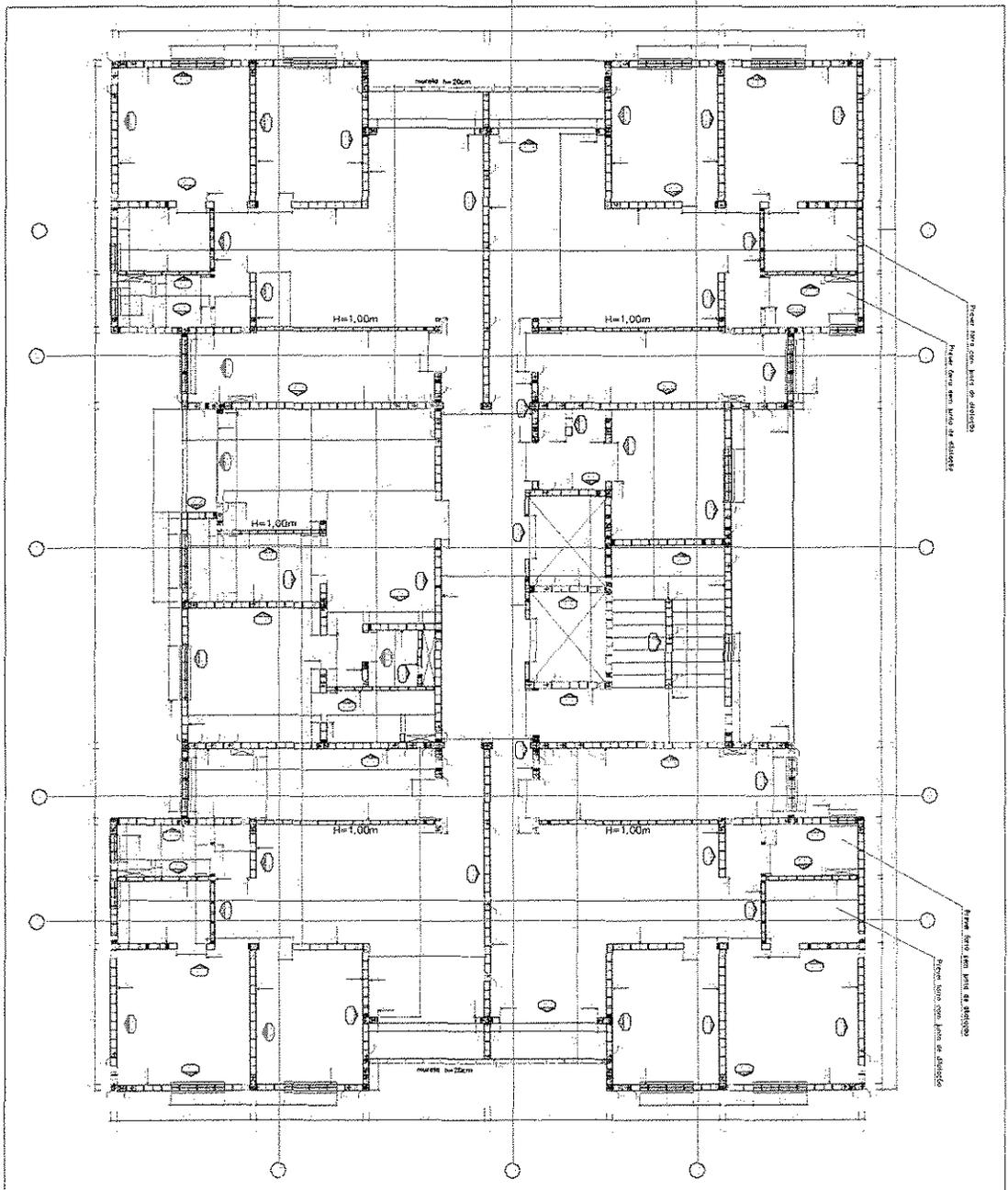


Figura 4.3. – Planta da Modulação do Pavimento Tipo

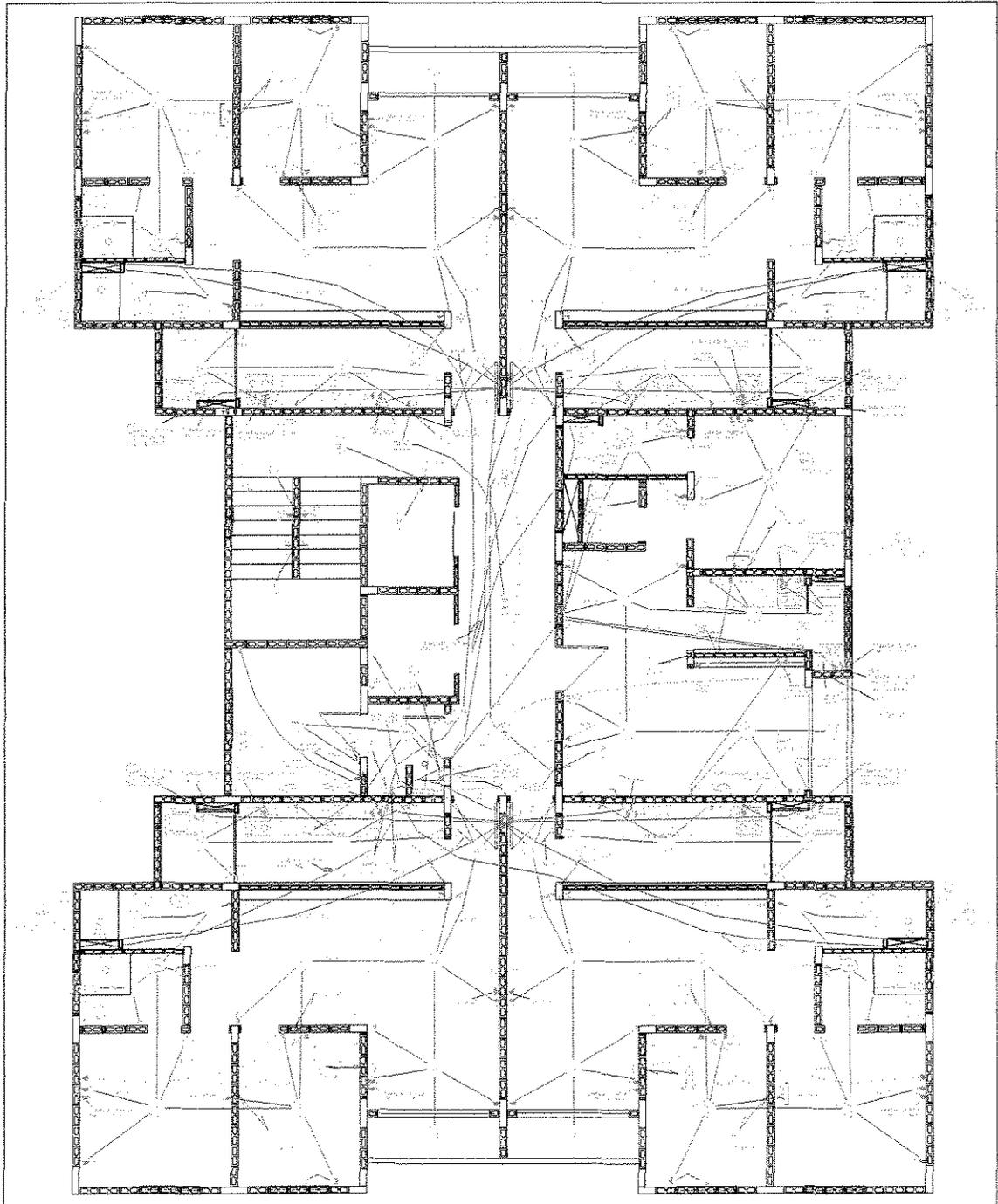


Figura 4.4. – Projeto Elétrico do Pavimento Tipo

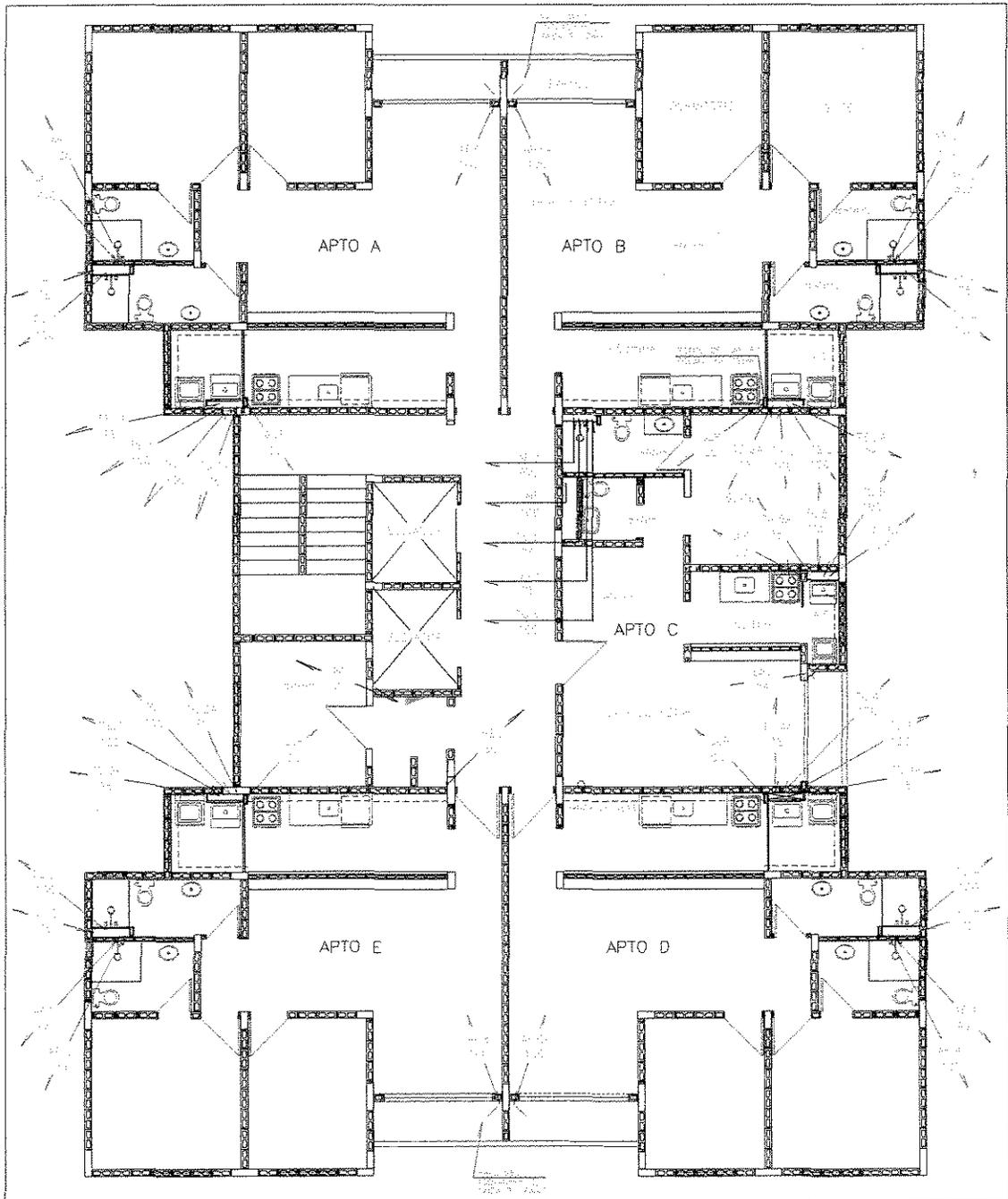


Figura 4.5. – Projeto Hidráulico do Pavimento Tipo

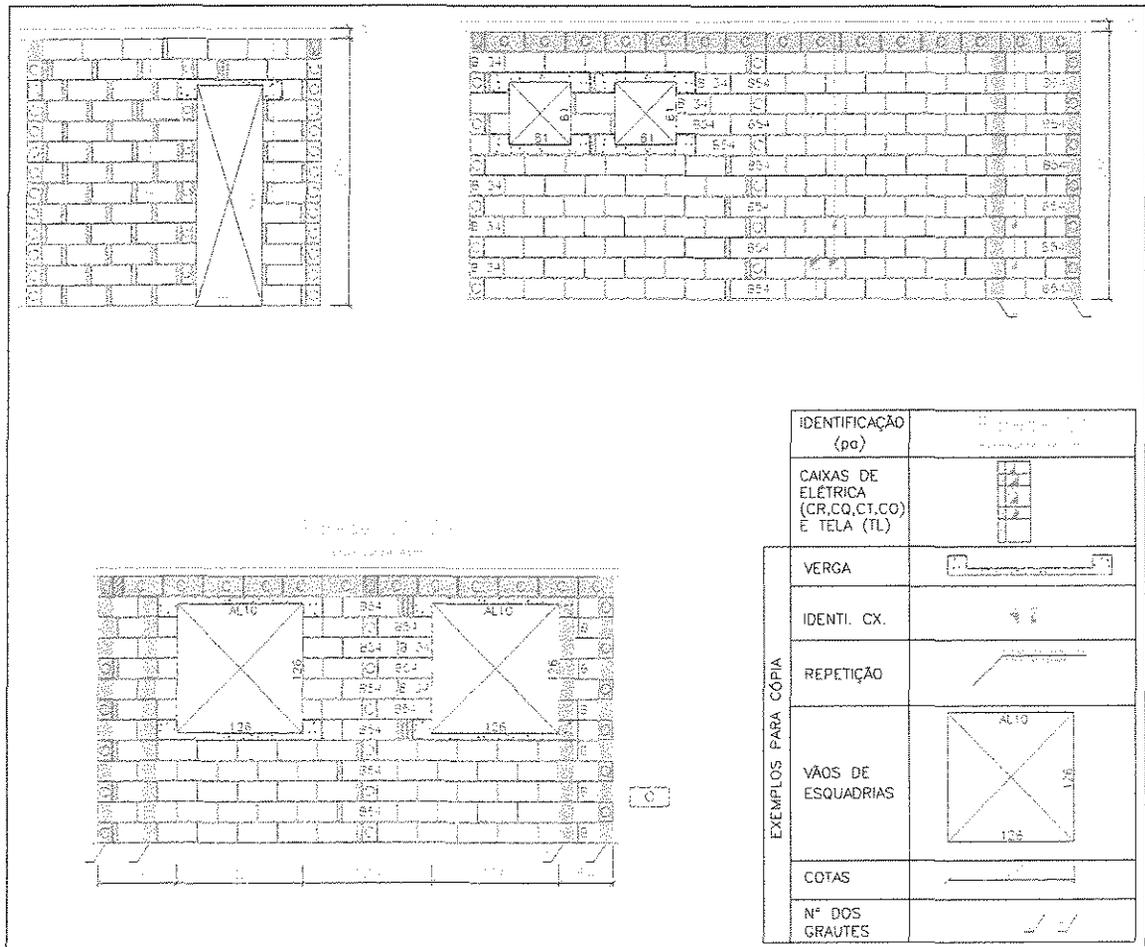


Figura 4.6. – Elevações das Alvenarias do Pavimento Tipo

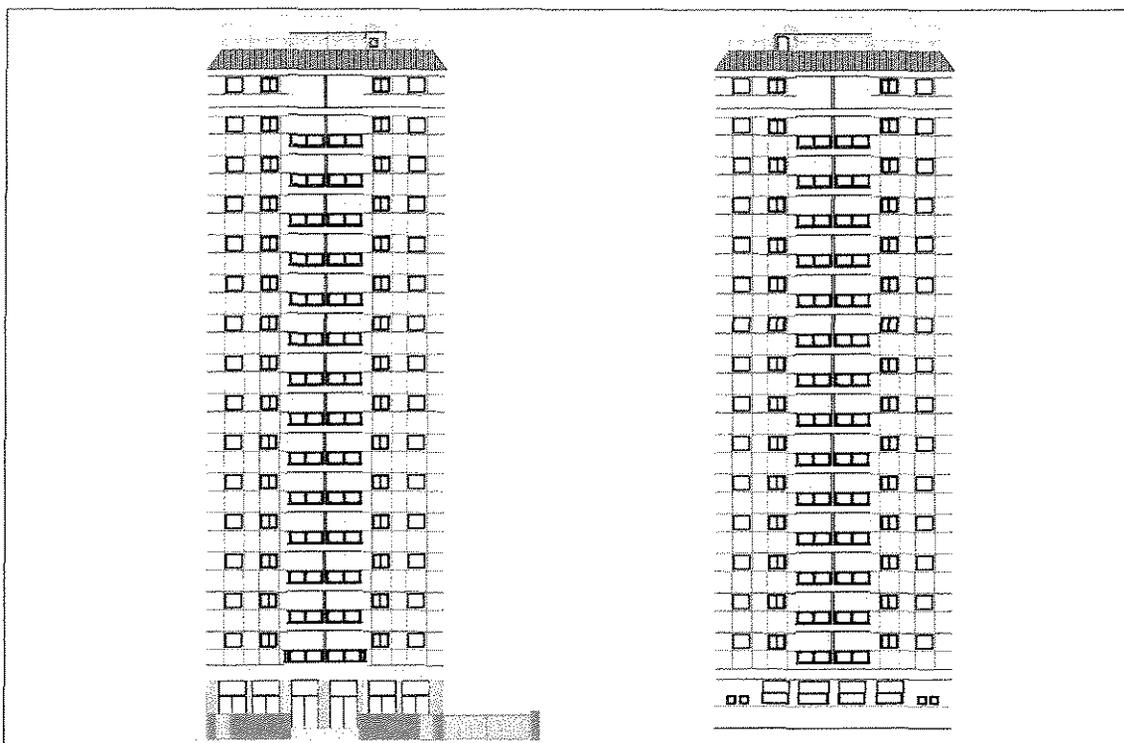


Figura 4.7. – Elevações da Fachada Frontal e dos Fundos do Prédio

4.1.3. Suprimentos

Todos os materiais e equipamentos utilizados na obra foram previamente especificados pelos projetistas, com bastante critério e levando-se em consideração as normas técnicas de especificação de materiais aprovadas e recomendadas, contendo a indicação do fabricante, cor, textura, linha, modelo, dimensões, observações de uso, caracterização do padrão de acabamento dos serviços e indicação dos locais de aplicação de cada um dos tipos de materiais e equipamentos.

4.1.4. Orçamento e Cronogramas

Após a conclusão dos projetos e de posse dos cadernos de especificações, estas foram enviadas para a empresa construtora, com o objetivo de se fazer o orçamento da obra, bem como elaborar os cronogramas físicos e financeiros para a programação da mesma, como mostra as figuras 4.8. e 4.9.

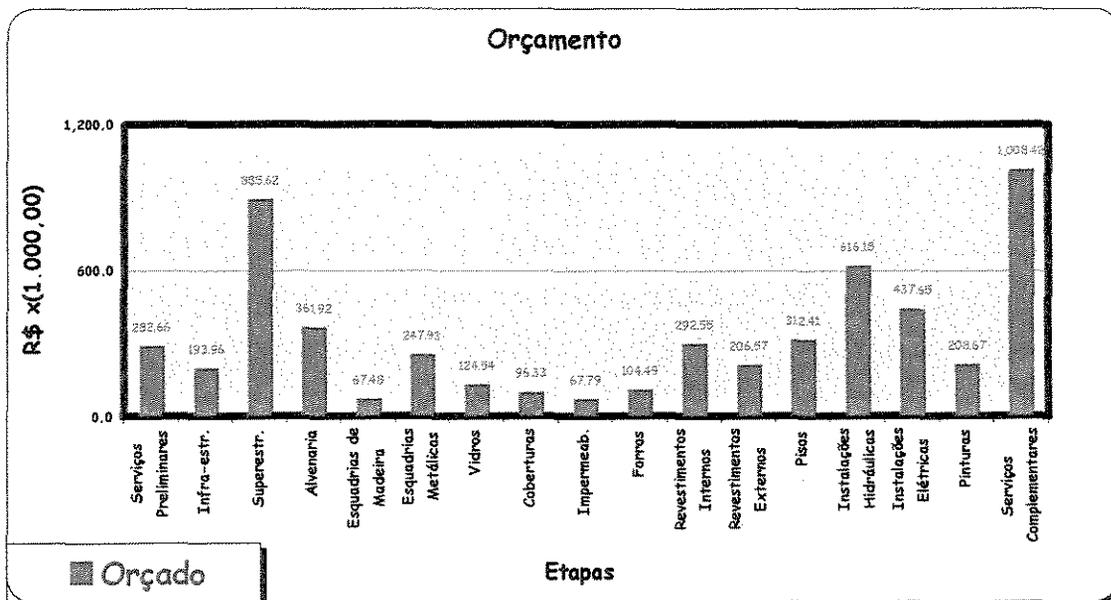


Figura 4.8. – Orçamento por Etapas

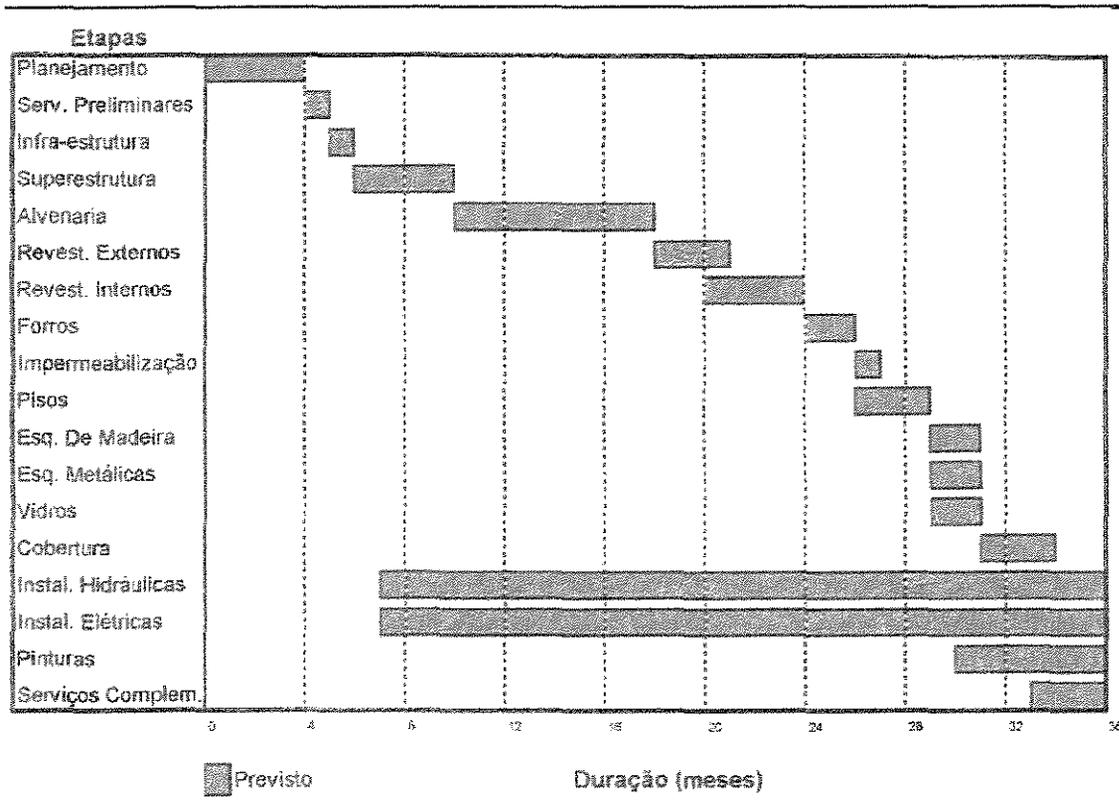


Figura 4.9. – Cronograma Físico Inicial

4.2. Fase de Execução

Como o gerenciamento desta etapa foi executado pelo mesmo profissional e este já tinha o conhecimento dos projetos e especificações, a primeira preocupação foi com relação à organização do canteiro de obra. Foi contratada uma empresa especializada, que elaborou um projeto do canteiro, com o “layout” de equipamentos, estoque de materiais, circulação de veículos e pessoas, instalações dos funcionários e os serviços afins.

Como se observa no “layout” do canteiro, conforme figura 4.10, o 2º subsolo foi utilizado, por ser coberto e estar no nível do terreno, como depósito dos materiais, equipamentos, o guincho (elevador de obra), bem como uma pequena linha de produção de peças pré-moldadas de concreto e cortes de blocos e assentamento das caixinhas elétricas. Todos esses materiais estavam protegidos das intempéries e eram facilmente transportados para os locais de utilização.

Em relação à segurança do trabalho, foi contratado um engenheiro de segurança que acompanhou a execução da obra, desde o início até a conclusão. Este profissional efetuava visitas periódicas para avaliação e orientações necessárias, quanto a dispositivos de segurança do trabalho, quanto aos equipamentos de proteção individual e coletivo, ferramentas (especificação e manutenção), bem como ao pessoal (conscientização e treinamento), à supervisão e controle da utilização dos EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) por parte da mão-de-obra própria e de sub-empregados.

A gestão da mão-de-obra foi outro fator essencial. O dimensionamento e a contratação das equipes foram em função do volume de serviços e cronograma físico elaborado na primeira etapa. Por ser um sistema racionalizado de alvenaria estrutural, a qualidade da mão-de-obra foi muito significativa nos resultados almejados. A construtora que executou a obra, já havia construído muitas outras em alvenaria estrutural e, portanto, esta fase foi bem facilitada. Os profissionais contratados que não tinham a experiência necessária, foram devidamente treinados para fazerem parte da equipe de mão-de-obra.

A empresa também já possuía praticamente todas as ferramentas e equipamentos utilizados e também dominava a tecnologia construtiva. O gerenciamento desta fase inicial da obra foi importantíssimo, pois a eficiência, neste momento, foi fundamental para o início do sucesso do empreendimento.

No que se refere ao gerenciamento dos materiais, os mesmos foram adquiridos de empresas idôneas, com controles de qualidade altamente confiáveis. Empresas estas, que observam as normas técnicas correspondentes aos produtos fornecidos. Mais a diante será mostrado todo o controle de qualidade dos mesmos.

Observadas todas as diretrizes iniciais para esta fase e esgotados todas as providências necessárias, passou-se para a fase de implantação e execução do empreendimento, conforme os memoriais e projetos específicos, mas principalmente o projeto para produção.

4.2.1. Implantação do Canteiro

Para se obter um nível elevado de racionalização e produtividade na execução dos serviços, o canteiro foi instalado com uma infra-estrutura eficiente para a execução das tarefas de produção do edifício.

A organização do canteiro de obras foi elaborada através de um projeto cuidadosamente elaborado, envolvendo a execução do empreendimento, como um todo, prevendo as necessidades e os condicionantes das diversas fases da obra, conforme figuras 4.10 e 4.11.

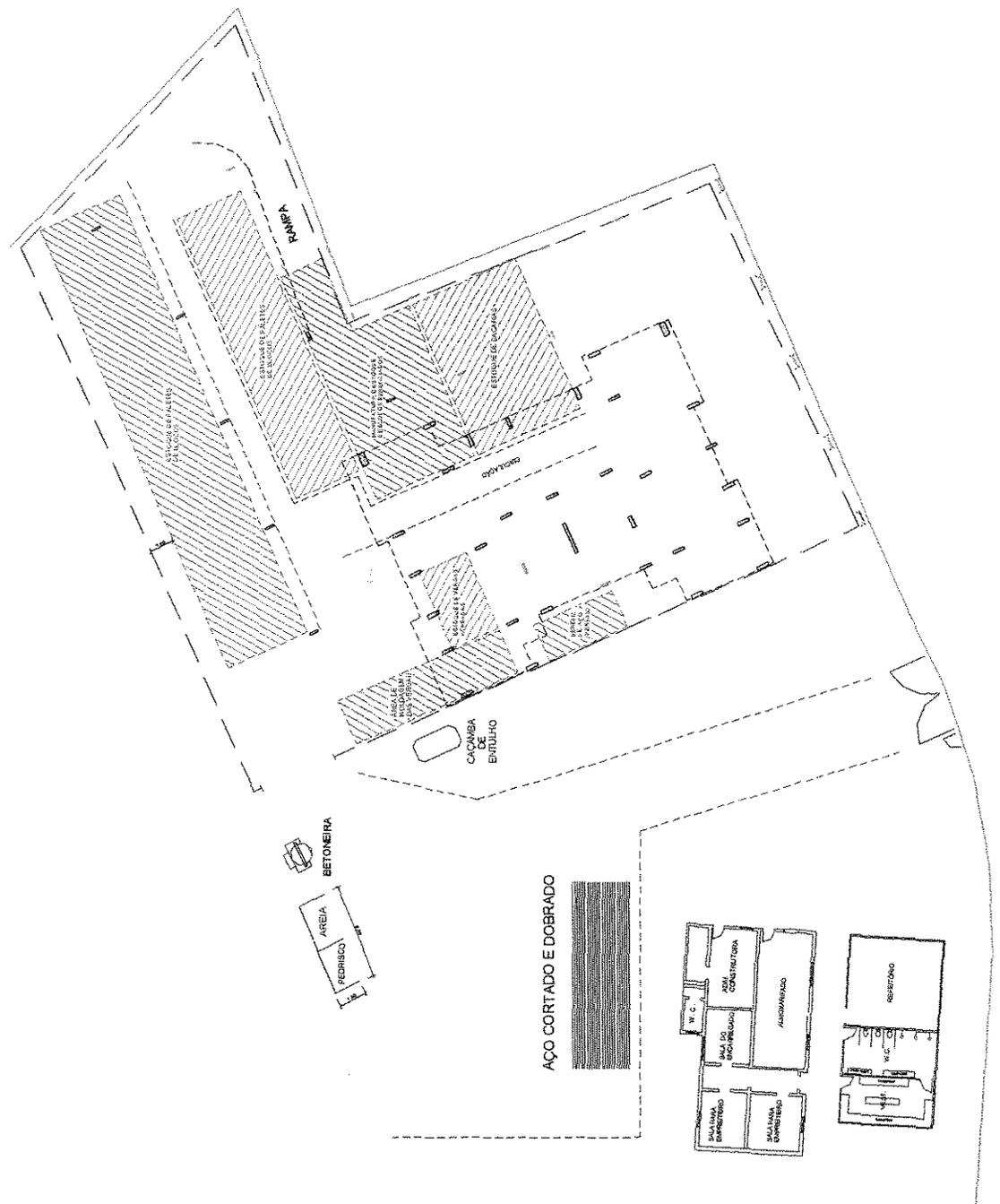


Figura 4.10. – Implantação Geral do Canteiro da Obra

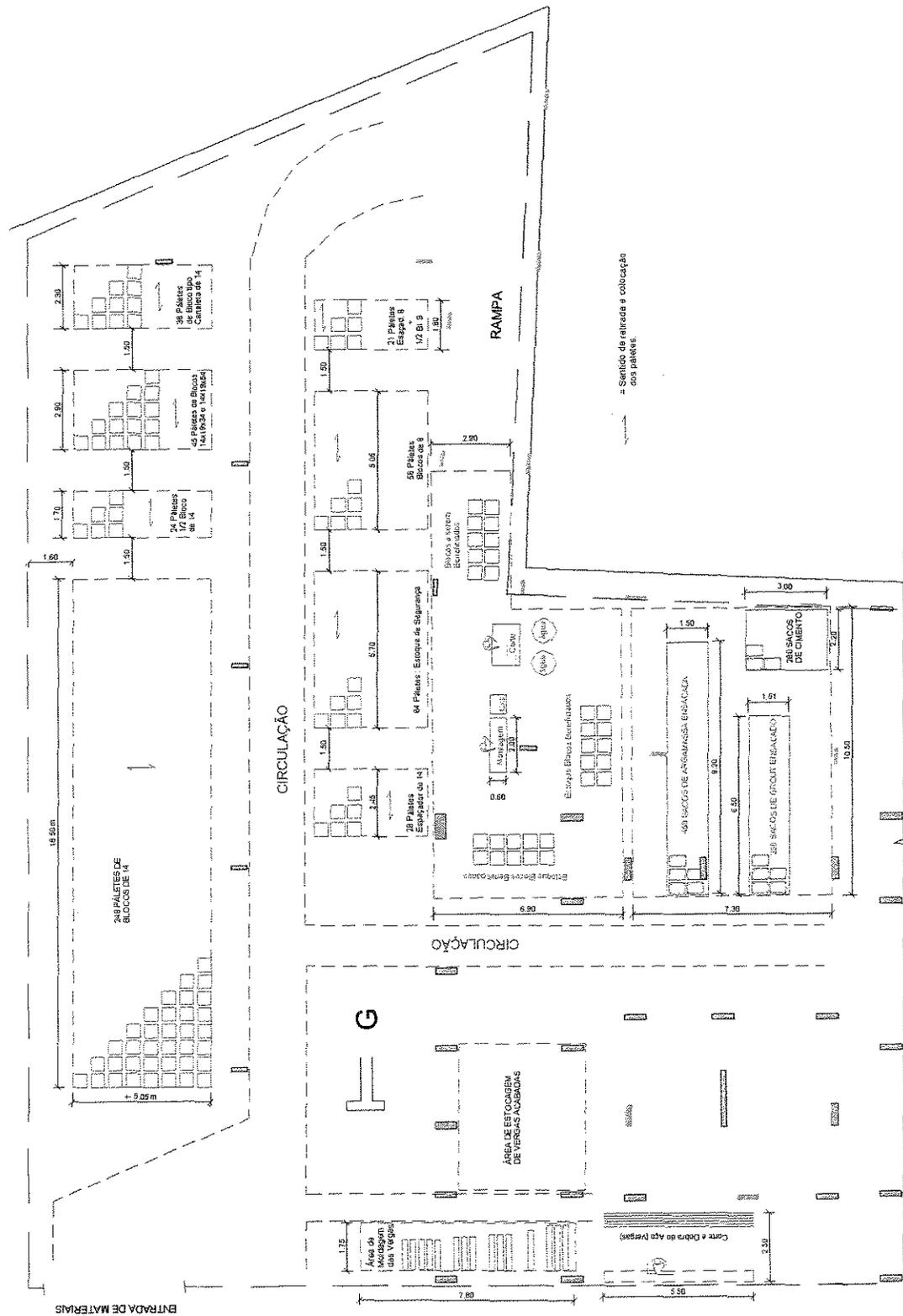


Figura 4.11. – “Layout” da Estocagem dos Materiais no 2º Subsolo

4.2.2. Terraplenagem

Para a regularização do terreno, houve a necessidade de utilizar-se de serviços de terraplenagem para viabilizar a implantação do projeto (Figura 4.12.).



Figura 4.12. – Terraplenagem

4.2.3. Fundações

A locação dos tubulões, blocos e vigas baldrames foram rigorosamente observadas antes do início das escavações e concretagens para se evitar excentricidades.

Nas fundações do edifício em questão, foram executados tubulões de 70 e 80 cm de diâmetro, conforme especificações contidas no projeto de fundações; os mesmos foram coroados por blocos e interligados por vigas baldrames em concreto armado e seguindo especificações do projeto estrutural. As concretagens dos blocos e vigas baldrames foram realizadas concomitantemente. (Figuras 4.13 e 4.14.).



Figura 4.13. – Concretagem do Tubulão



Figura 4.14. – Concretagem de Blocos e Vigas Baldrame.

4.2.4. Estrutura de Transição

Os três pavimentos: 1º e 2º subsolos, mais o térreo, foram executados em estrutura de concreto armado, já que os dois subsolos e parte do térreo seriam utilizados como garagens. Nesta etapa também houve uma preocupação quanto à racionalização do processo construtivo em concreto armado e para tanto foram contratados projetos específicos para fôrmas de madeira e escoramento metálico. Foi utilizado um jogo de fôrma para os dois subsolos e para o pavimento térreo (de transição) foram acrescentados algumas peças. Os painéis foram confeccionados em chapas de madeira compensada laminada com 18mm de espessura. A opção pelo cimbramento metálico (escoras, treliças e perfis de alumínio) foi em função do menor consumo de madeira, obra mais limpa e maior precisão nos nivelamentos e ajustes das fôrmas. Quanto às ferragens utilizadas na estrutura, elas foram adquiridas, cortadas e dobradas, executando-se na obra a sua armação. O concreto especificado foi o usinado com resistência de 25 MPa, exceto para a laje e vigas de transição com fck de 40 MPa. A figura 4.15 mostra detalhes da estrutura.

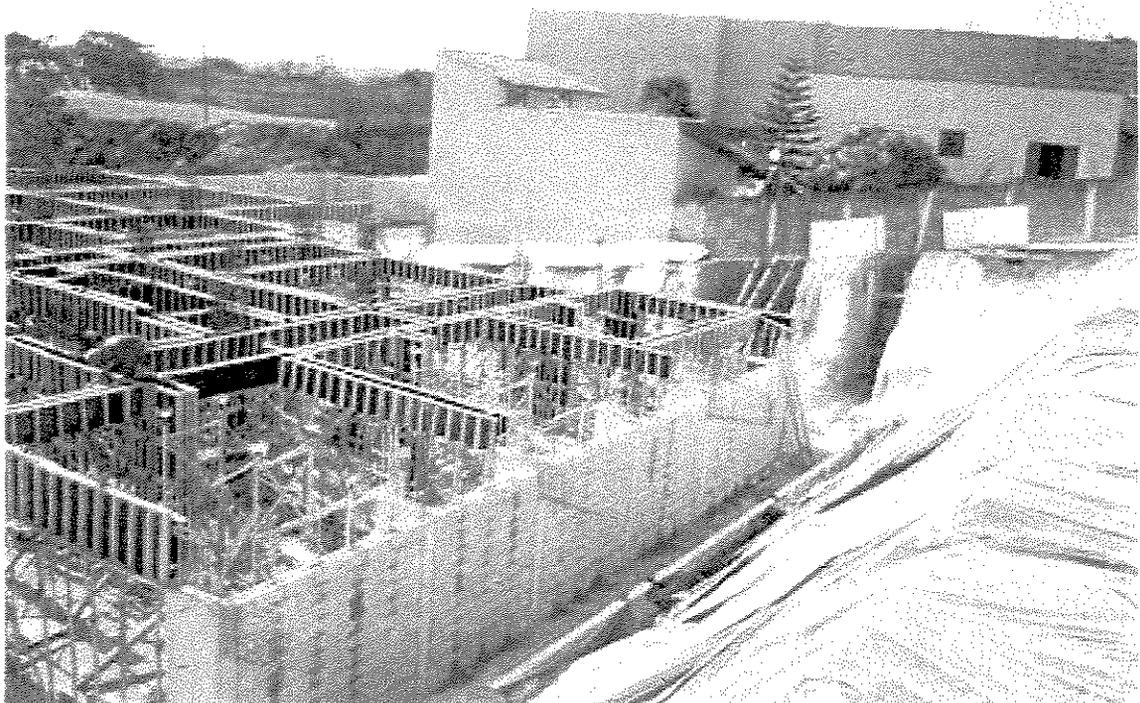


Figura 4.15. – Fôrmas das Vigas e Cimbramento do 2º Subsolo.

A estrutura de transição, conforme figura 4.16., que fora executada na cobertura do pavimento térreo, irá receber os carregamentos da alvenaria estrutural oriundos dos pavimentos superiores. Foram seguidas as especificações e locações do projeto, na execução da mesma, pois, como mencionado anteriormente, no capítulo 3, ela foi a base que suporta toda a alvenaria dos quinze andares que sobre ela se apóia, daí o rigoroso controle na sua execução.



Figura 4.16. – Vigas de Transição na Cobertura do Pavimento Térreo

4.2.5. Execução das Alvenarias

A locação dos blocos-chave foi executada por coordenadas cartesianas por cotas e seguidos todos os procedimentos para este tipo de locação, conforme especificado no sub-item 3.4.4.1. No assentamento da 1ª fiada, mostrado na figura 4.17., foi locada e executada com bastante rigor, pois esta balizaria todo o restante da alvenaria do andar e dos andares subsequentes; aqui também todos os

procedimentos descritos no capítulo 3 foram observados. Foi utilizado argamassa de cimento e areia no traço em volume de 1:2,5.

Alguns cuidados especiais foram tomados quanto à execução das alvenarias. Entre eles, podemos citar o fato muito importante de que as paredes de vedação não terem sido executadas juntamente com as estruturais, para que não houvesse riscos de os blocos serem misturados por engano ou distração e acabarem sendo assentados erroneamente.

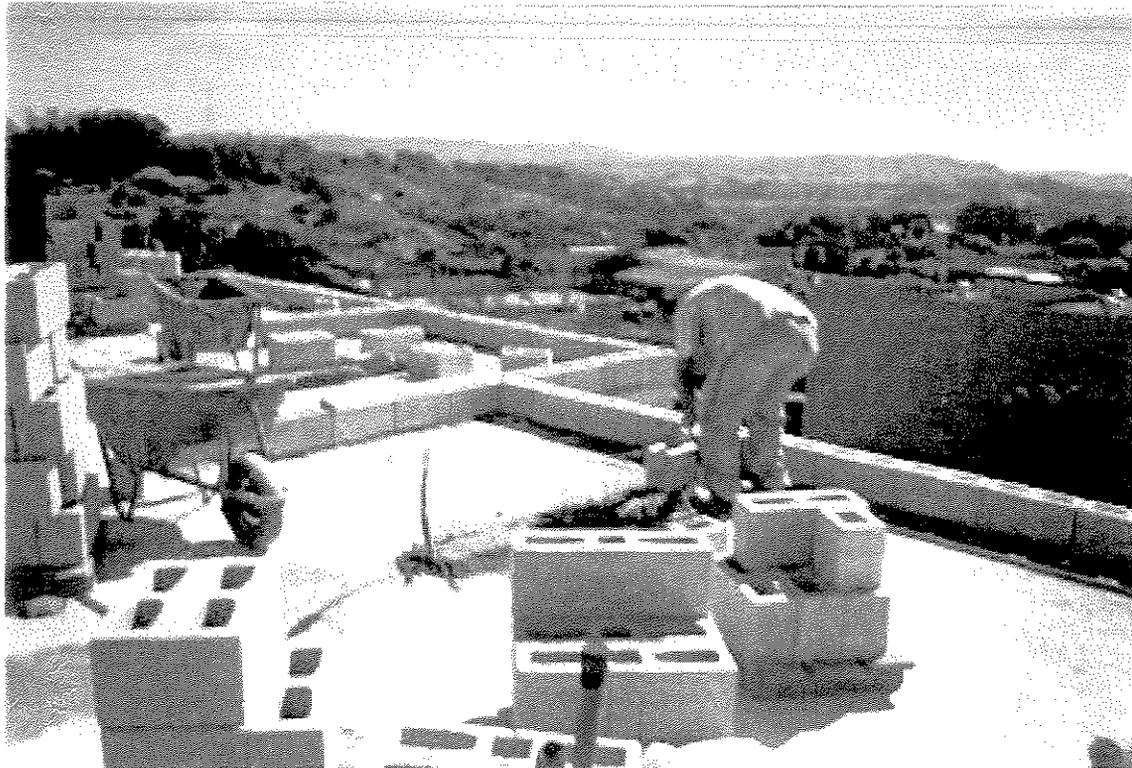


Figura 4.17. – Execução da Primeira Fiada da Alvenaria

Para assentamento dos blocos foi utilizado argamassa industrializada ensacada; esta era preparada em betoneira no próprio andar que estava sendo executado, acrescentando-se apenas água. Para aplicação da argamassa, foi utilizada a bisnaga, já que a mão-de-obra dominava esta ferramenta e ela apresenta maior rendimento e menor desperdício na sua aplicação, conforme mostrado na figura 4.18.

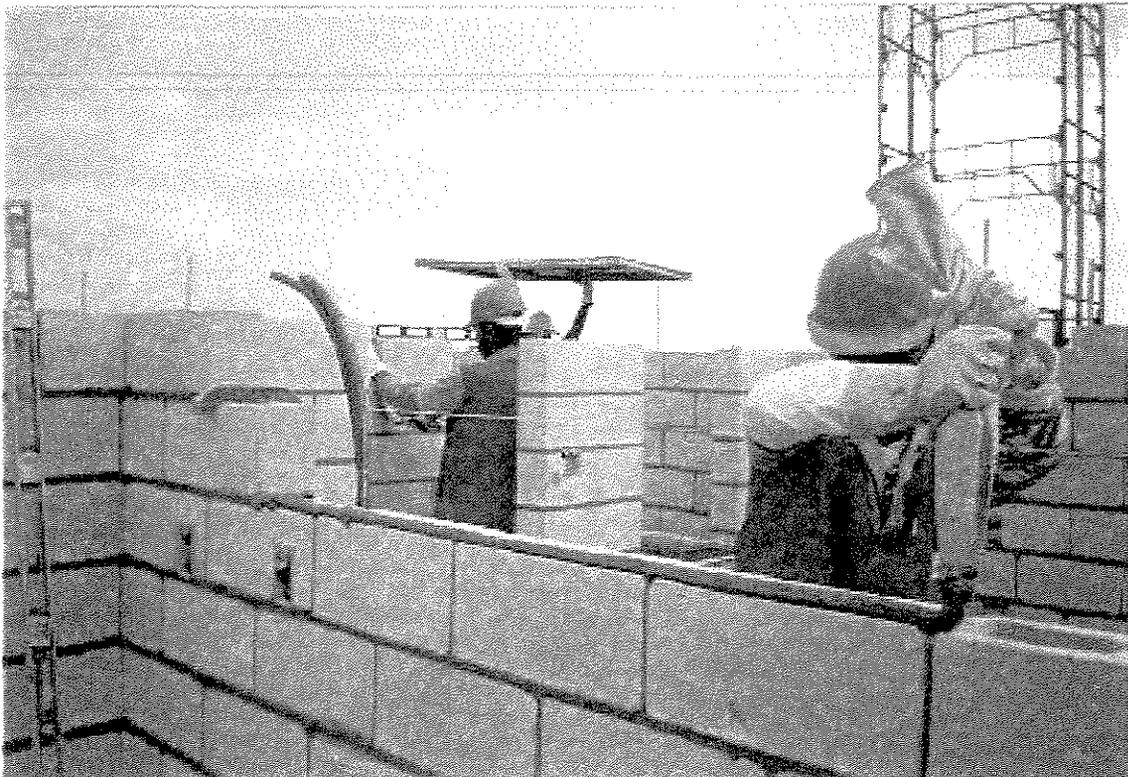


Figura 4.18. – Uso da Bisnaga para a Colocação da Argamassa.

Entre as ferramentas utilizadas na execução das alvenarias, temos: a régua de bolha para nível e prumo, masseira metálica, escantilhão, carrinho para blocos, andaime, nível alemão, martelo de borracha, esquadro e trena, mostradas na figura 4.19.



Figura 4.19. – Diversas Ferramentas para Execução da Alvenaria

Especificamente nesta obra, o calculista permitiu, durante a execução da alvenaria, preocupado com o aumento da produtividade, que a argamassa das paredes internas fosse colocada somente nas juntas horizontais. Porém, a posteriori, quando a alvenaria estava sendo executada nos andares superiores, um servente devidamente treinado executou o trabalho de colocação da argamassa nas juntas verticais da alvenaria. Isto entretanto não pôde ocorrer nas paredes externas, pois não havia como executar em duas etapas por necessidade de andaimes externos. O acabamento da junta utilizado foi a junta “cheia”, utilizando-se uma esponja “úmida” para uniformizar a textura da mesma, sem absorver a água da argamassa nem tão pouco lavá-la.

Quanto às vergas e contravergas utilizadas, como observadas nas figuras 4.20 e 4.21., as mesmas foram pré-moldadas no canteiro, em local já definido quando da implantação do canteiro. As peças eram produzidas e estocadas para a utilização em conjunto com a alvenaria.

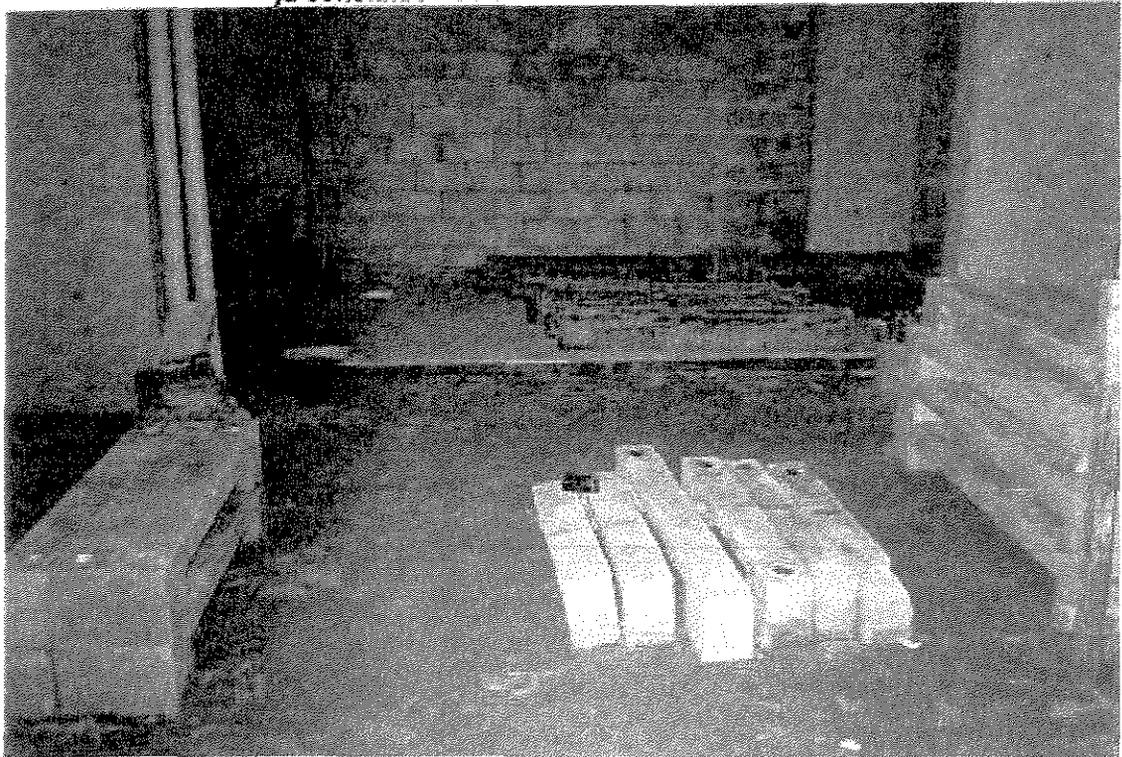


Figura 4.20. – Fabricação de Vergas e Contravergas

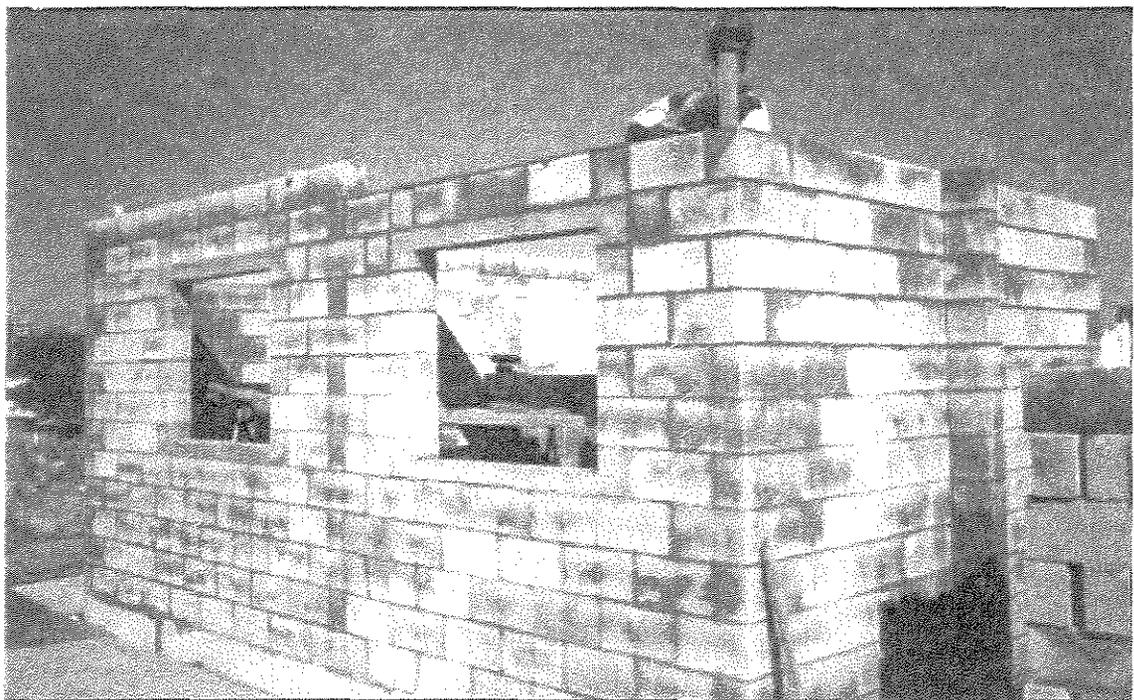


Figura 4.21. – Vergas e Contravergas Instaladas nos Vãos das Janelas

Nos vãos das portas, durante o assentamento dos blocos, foram utilizados batentes metálicos envolventes, conforme mostrado na figura 4.22. Estes batentes já possuíam as furações universais para as fechaduras, restando somente a fixação do acabamento. As guarnições e as dobradiças também já vinham fixadas aos batentes e preparadas para receber as portas. Quando da sua fixação à alvenaria, nas alturas de 1,40m e 2,0m, eram grauteados os espaços entre a alvenaria e a peça metálica e na 10ª fiada era assentada a verga pré-moldada de concreto, que já possuía as furações para as prumadas de tubulações elétricas, bem como fornecia o alinhamento para a fiada seguinte de alvenaria.



Figura 4.22. – Colocação dos Batentes Metálicos

Os vãos das janelas foram definidos pelo projeto, obedecendo-se à modulação da alvenaria. Para se garantir a sua padronização, foram utilizados gabaritos metálicos, que serviram como fôrma para seu requadro executado com argamassa de revestimento. Um detalhe importante sobre esta peça é que ela incorpora uma fôrma de pingadeira em alumínio que no momento do requadro do vão era preenchida com argamassa armada. Após o tempo de cura, ela era retirada e obtinha-se o vão pronto para receber a esquadria, bem como a pingadeira, que é um detalhe construtivo de extrema importância nas fachadas, tanto para efeito arquitetônico quanto para o correto encaminhamento das águas pluviais, evitando-se futuros problemas patológicos, conforme mostrado na figura 4.23.

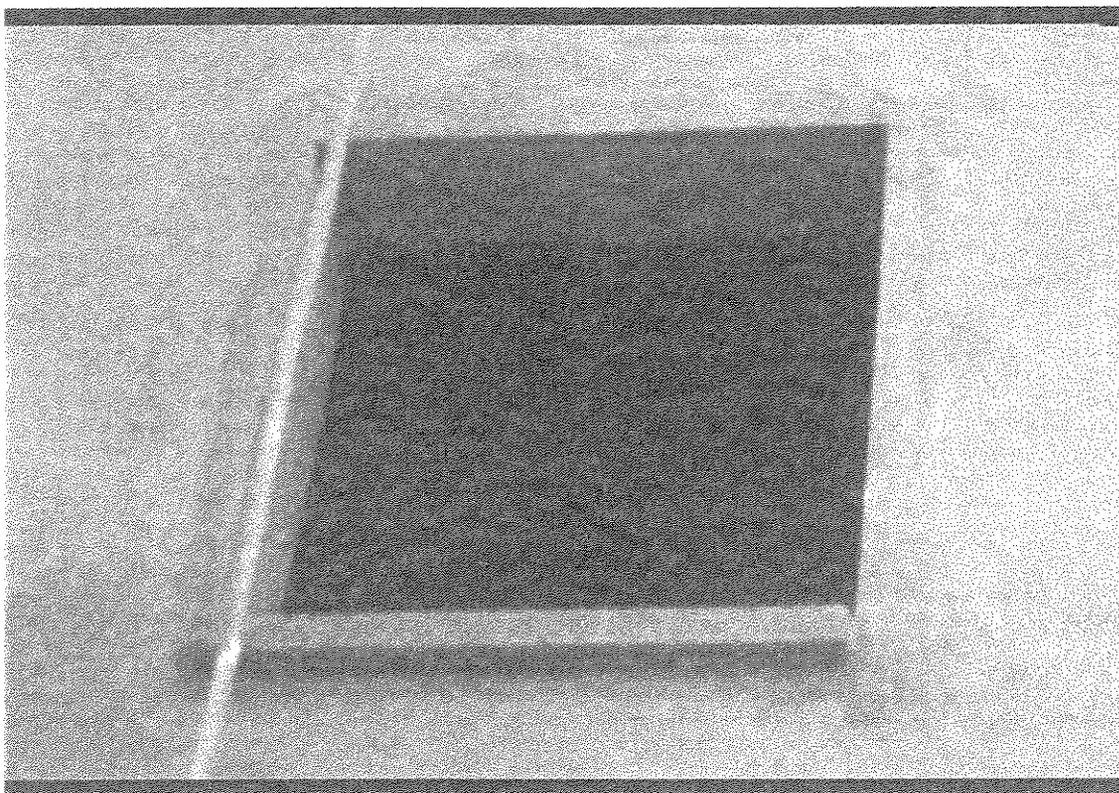


Figura 4.23. – Pingadeiras Juntamente com os Requadros das Janelas

4.2.6. Instalações Elétricas

Quanto às instalações elétricas, as mesmas foram executadas da seguinte forma: todas as prumadas encontram-se no “shaft” (armário) com acesso pelo “hall” dos elevadores em cada andar, conforme mostra figura 4.24. Com isto, pode-se dizer que houve uma maior praticidade na execução, facilitando uma posterior manutenção.



Figura 4.24. – “Shaft” das Instalações Elétricas

Este quadro principal possui derivações para os quadros gerais de cada apartamento, com seus respectivos circuitos e disjuntores instalados de acordo com os projetos específicos. Quando da concretagem das lajes, já eram deixados eletrodutos salientes com comprimento aproximado de 1,0m, conforme figura 4.29. Quando do assentamento dos blocos, estes já ficavam incorporados em seus vazados, até atingir a altura de 1,0m, onde executava-se a emenda do eletroduto e continuava o processo, mostrado na figura 4.18.

As caixinhas elétricas já eram incorporadas aos blocos antes do assentamento, existindo uma linha de produção localizada no 2º subsolo, conforme mostra a figura 4.25.

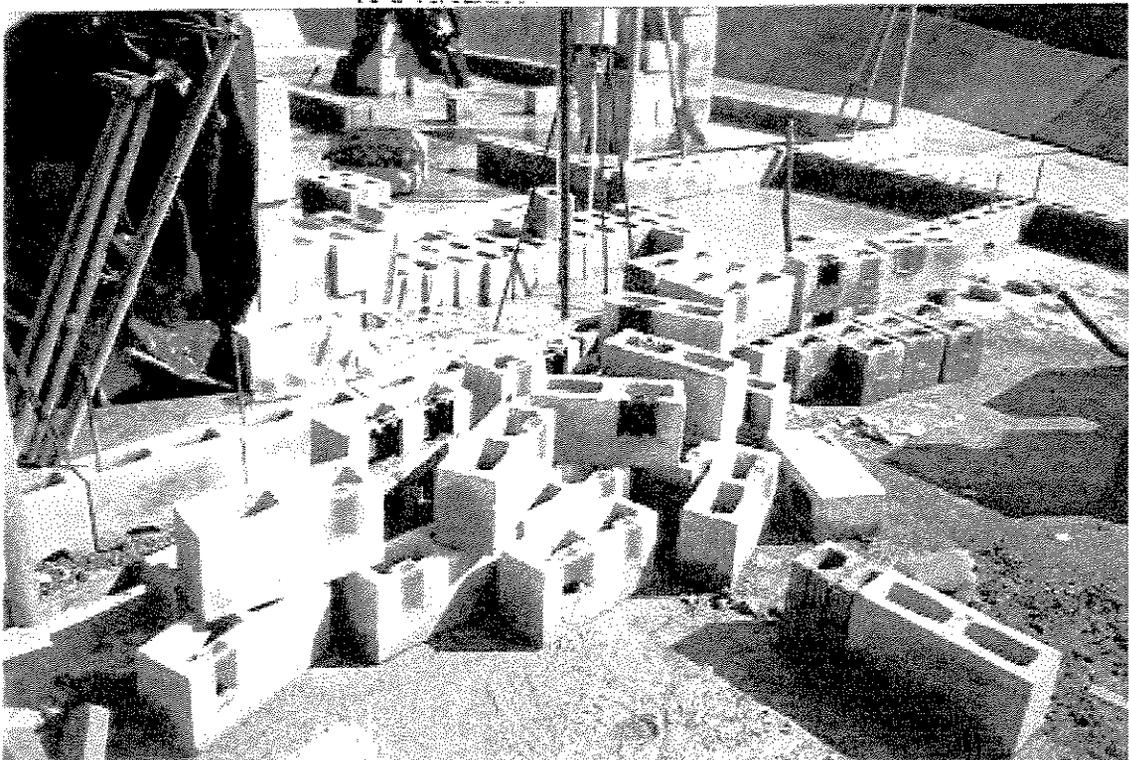


Figura 4.25. – Blocos com as Caixinhas Elétricas já Instaladas

4.2.7. Instalações Hidro-Sanitárias e Incêndio

Já as instalações hidro-sanitárias não foram embutidas nos blocos, sendo executada somente uma base de 20cm, mostrado na figura 4.26., requadrada pela alvenaria externa e revestida de azulejo, para proteção das tubulações quando da limpeza (vassouras, rodos, etc.). Acima desta base de 20cm, o armário esconde a tubulação. As prumadas estão situadas, de tal forma que ficam alinhadas aos pontos de utilização, subindo rente à parede, mas sem embutir na alvenaria, quer seja na vertical ou horizontal.

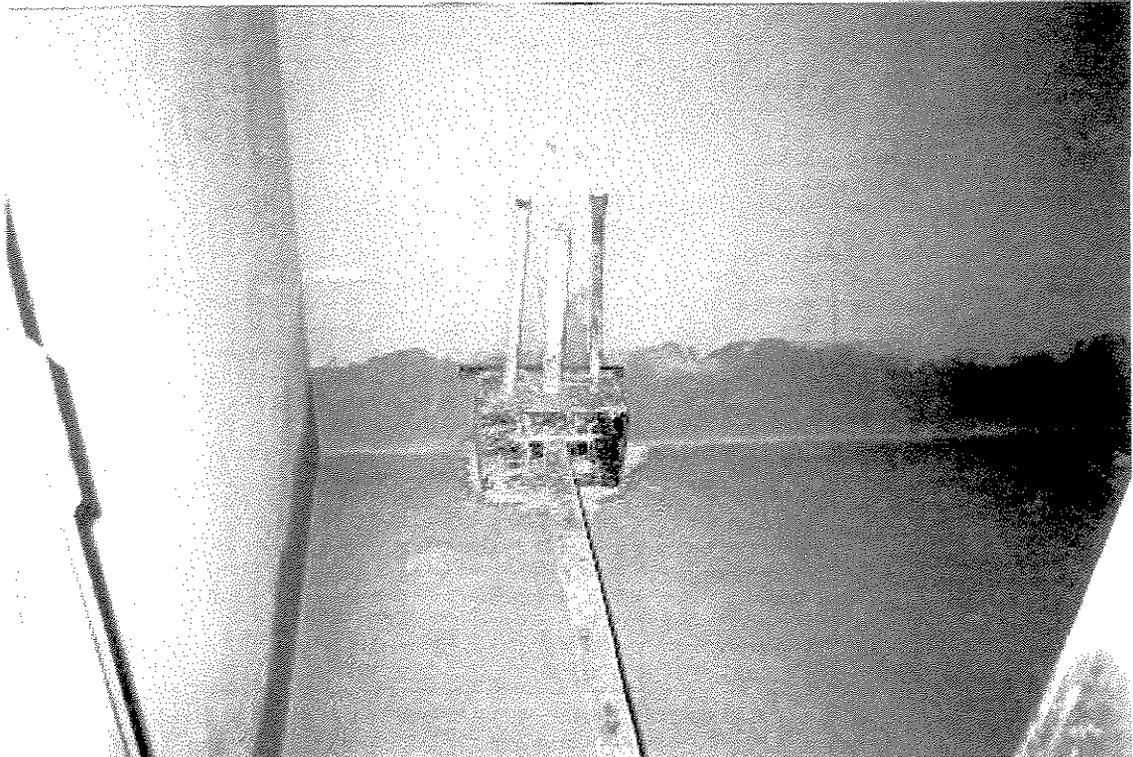


Figura 4.26. – Base para Proteção de Tubulação Hidráulica

Como se observa nos projetos executivo e hidro-sanitário, existem “shafts” localizados entre os banheiros e na área de serviço de cada apartamento, conforme

figura 4.27., cujas prumadas de hidráulica, bem como os registros de água e os medidores encontram-se ali localizados, facilitando a execução e a manutenção.



Figura 4.27. – “Shaft” das Instalações Hidro-Sanitárias

Os medidores de água fria, quente e gás foram colocados individualmente para cada apartamento. Foram utilizados hidrômetros eletrônicos localizados nos

“shafts” e, através de um sistema totalmente informatizado, o morador terá sua conta processada no final de cada mês.

O barrilete, localizado no ático do edifício, possui acesso pela escada principal, facilitando assim a entrada de materiais e equipamentos, bem como uma eventual manutenção.

As prumadas de incêndio subiram rente à parede e posteriormente foram cobertas com placas de gesso acartonado.

A rede de esgoto foi executada abaixo das lajes do piso a ser utilizada, não existindo, portanto, rebaixo desta laje. Toda a tubulação exposta no andar inferior das cozinhas, áreas de serviço e banheiros, tanto de água como de esgoto, são escondidas através de forro de gesso, conforme figura 4.28.

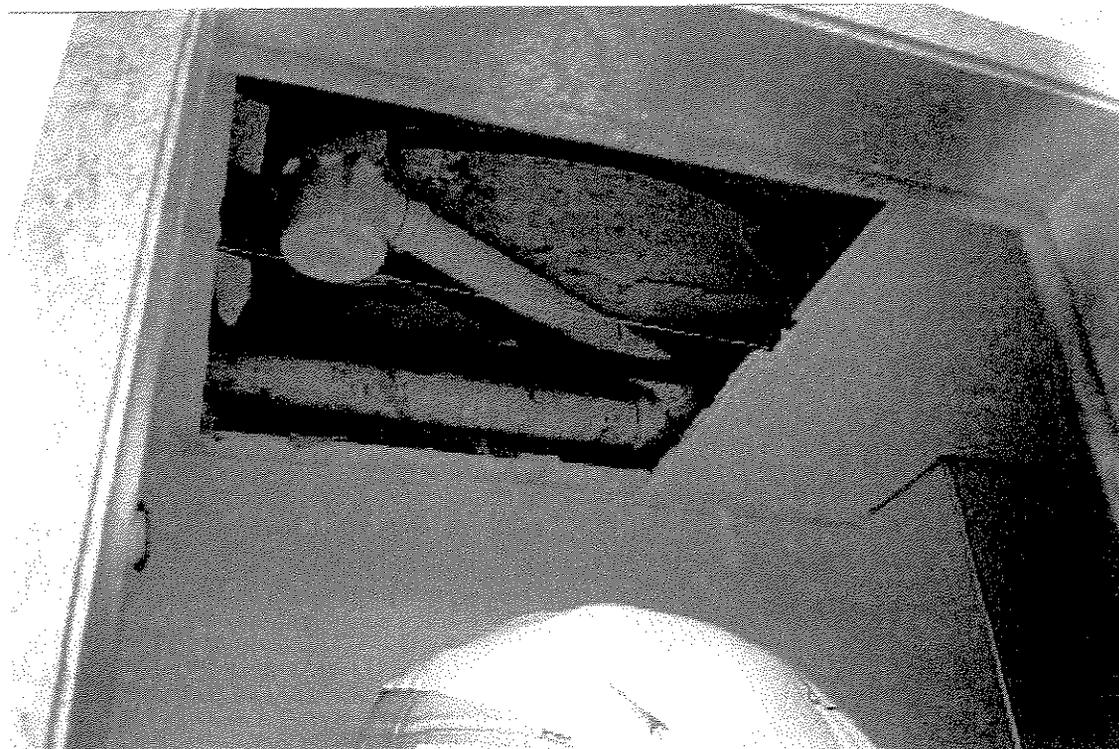


Figura 4.28. – Detalhe da Rede de Esgoto.

4.2.8. Lajes, Escadas e Poço do Elevador

As lajes maciças foram executadas em concreto armado, seguindo às especificações dos projetos, mostrado na figura 4.29. Foi utilizado o escoramento metálico para facilitar a execução. Na laje de cobertura, foi instalado SBR (borracha de estireno butadieno) no apoio entre a alvenaria e a laje, para evitar que ela, após dilatar-se por mudanças de temperatura, suas movimentações venham causar fissuras na alvenaria.

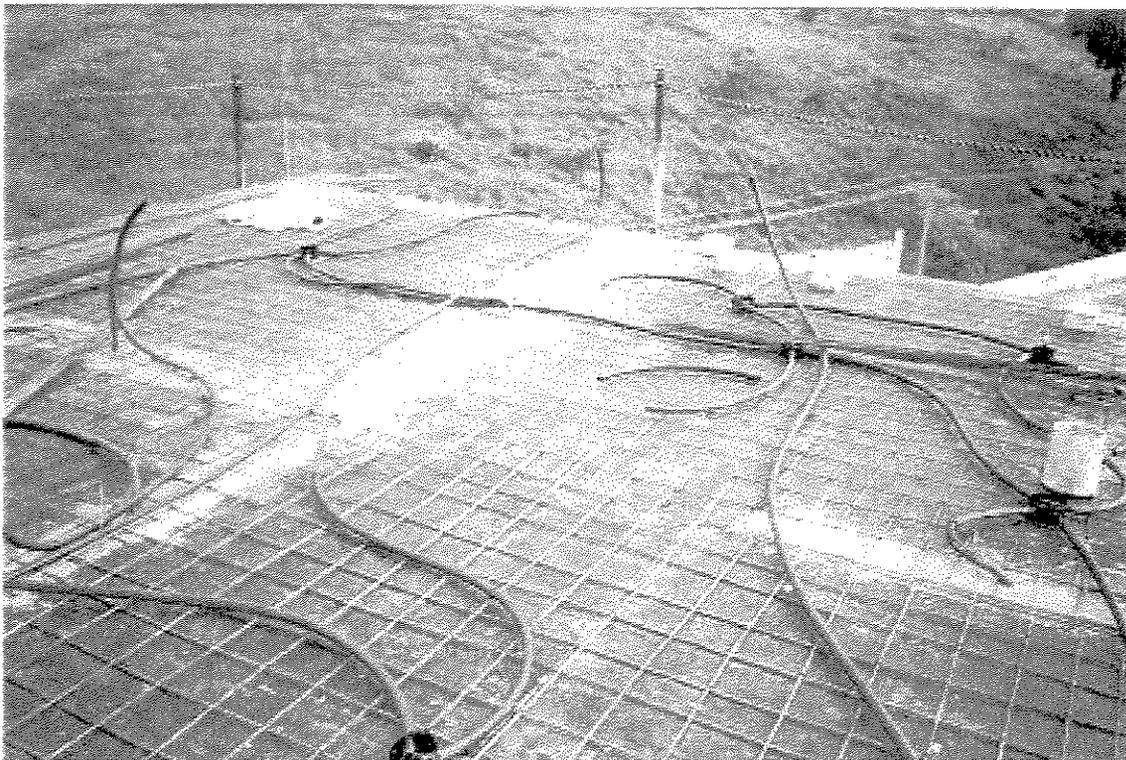


Figura 4.29. – Fôrma, Armação e Tubulação Elétrica da Laje do Pav. Tipo

As escadas obedeceram projeto específico e foram moldadas “in loco”, junto com a laje referente àquele andar, conforme figura 4.30. No poço do elevador, as malhas de aço utilizadas nas lajes não foram recortadas, servindo como uma espécie de rede de proteção, evitando-se assim risco de acidentes. Esta malha também foi utilizada como apoio para os andaimes na execução da alvenaria do próximo pavimento, mostrado na figura 4.31.



Figura 4.30. – Execução da Escada de Concreto Moldada “in loco”



Figura 4.31. – Poço do Elevador – Detalhe das Ferragens de Proteção

4.2.9. Esquadrias

Internamente foram utilizadas portas de madeira e externamente, nas fachadas, as venezianas, janelas e portas-balcão de alumínio.

Na figura 4.32., vê-se a fixação de uma esquadria de alumínio, às quais foram fixadas com parafusos e espuma de poliuretano e vedadas com borracha. Sua instalação foi no final da obra, após a pintura.

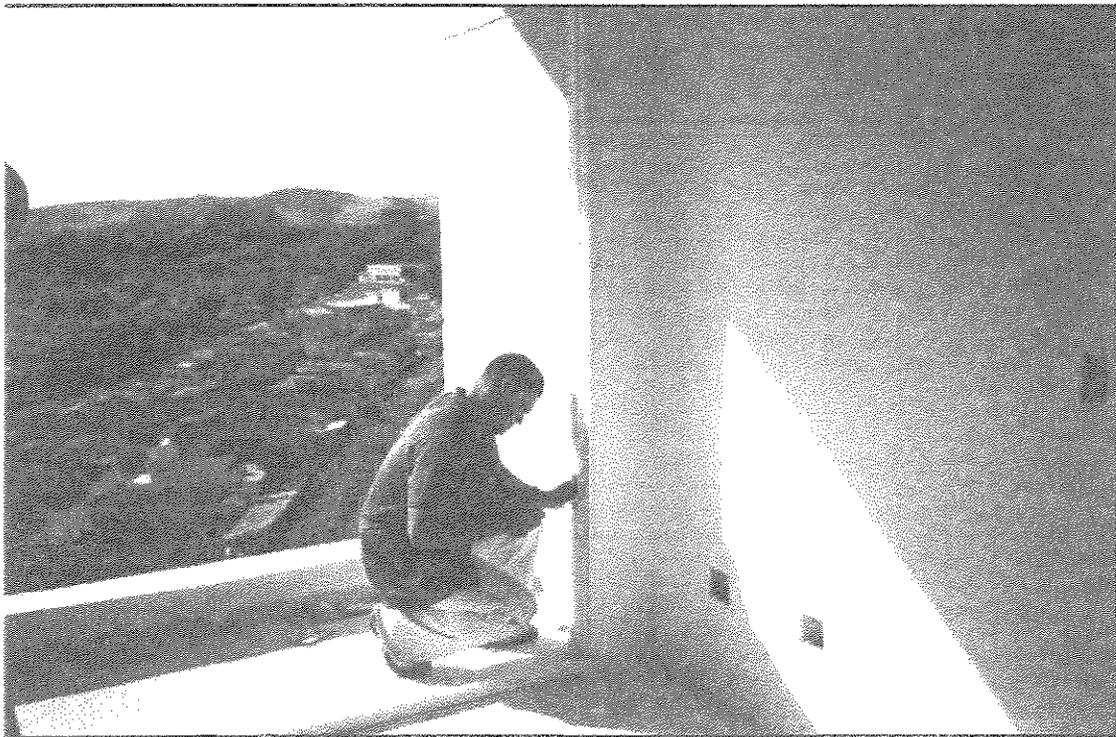


Figura 4.32. – Instalação das Esquadrias de Alumínio

4.2.10. Revestimentos

Para o revestimento interno, utilizou-se gesso liso aplicado diretamente sobre os blocos. As paredes e lajes, por sua vez, já haviam sido preparadas por um servente devidamente treinado que preencheu com argamassa as juntas verticais dos blocos, bem como a limpeza geral de todas as paredes e lajes, deixando assim preparadas para que o gesso pudesse ser aplicado mais facilmente.

Atrás dos quadros elétricos, como mostrado na figura 4.33., como ele possui a profundidade próxima à espessura da parede, para evitar fissuras, reforçou-se este revestimento com tela metálica tipo “viveiro”, devido à sua grande espessura e as juntas formadas entre o quadro e a alvenaria.

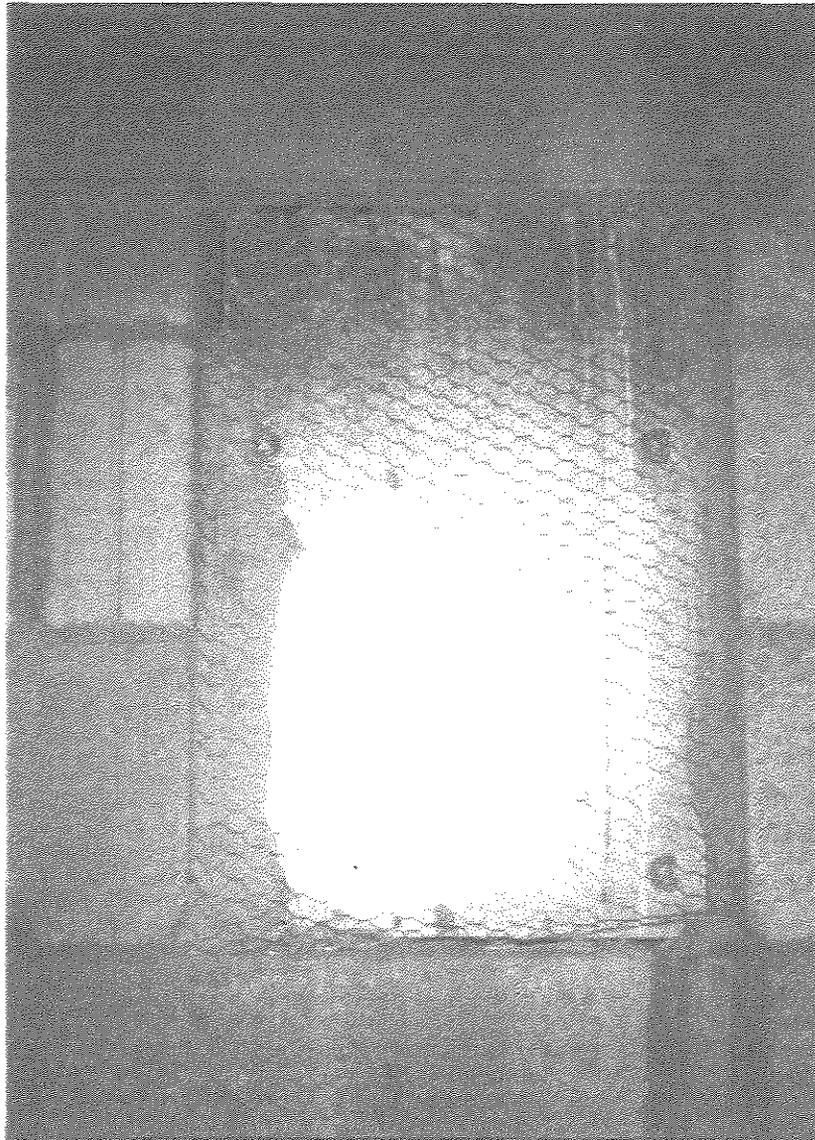


Figura 4.33. – Colocação da Tela Metálica Atrás dos Quadros Elétricos

Na figura 4.34. são mostrados os reforços com fita adesiva e tela metálica eletrosoldada na junta formada entre as paredes estrutural e de vedação, pois elas se encontram de topo; suas espessuras, bem como as solicitações de cargas são diferentes, daí a necessidade deste reforço para evitar o aparecimento de fissuras.

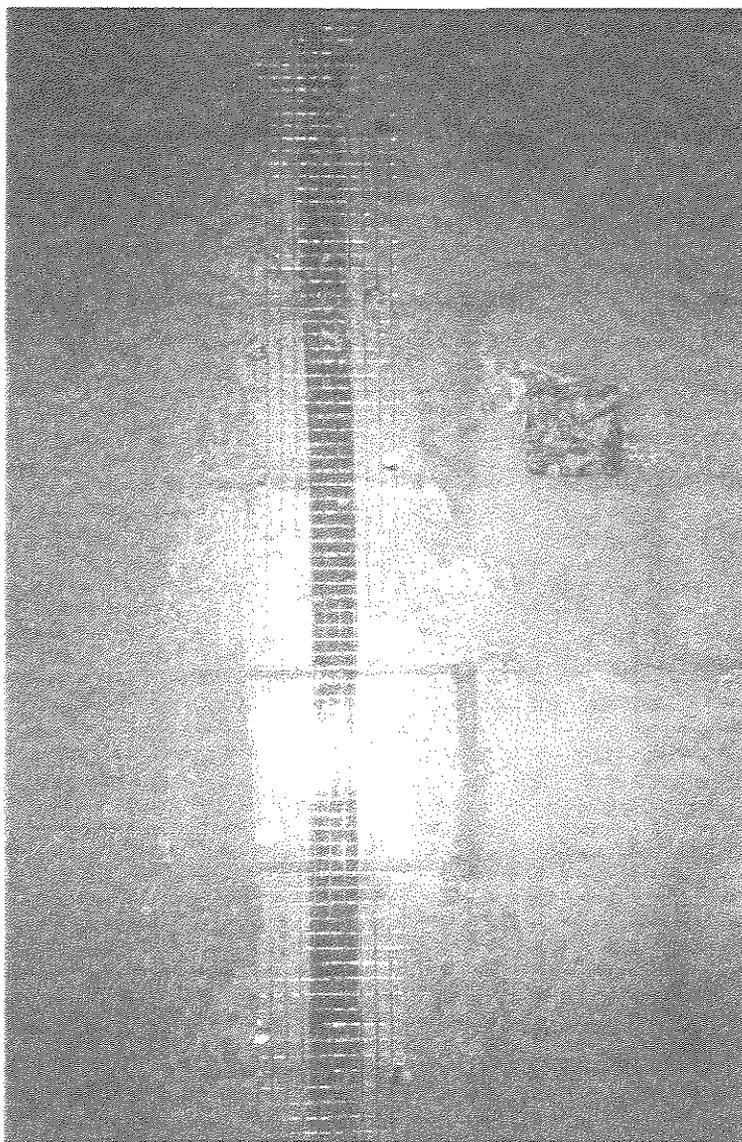


Figura 4.34. – Colocação da Tela Metálica Entre Duas Paredes

Nos tetos, em função da qualidade da fôrma utilizada para a laje, como o acabamento superficial da face inferior apresentou-se extremamente liso, necessitou-se de um tratamento para melhorar a aderência do gesso. Para isto, utilizou-se uma mistura de resina acrílica, cimento e areia aplicada com rolo, respeitando-se o período de 24 horas para obter-se a cura desejada. Após esse procedimento, iniciou-se a aplicação do gesso liso, com espessura aproximada de 5mm.

Como as lajes haviam sido executadas, tomando os cuidados quanto ao seu nivelamento, nesta etapa, foram conferidos os níveis nos quatro cantos da laje, devidamente alinhados. As pequenas distorções em função de sua espessura foram corrigidas com o próprio gesso, não necessitando portanto a utilização de argamassa para esta regularização, conforme mostra figura 4.35.



Figura 4.35. – Aplicação de Gesso Liso na Laje e Paredes

Externamente foi aplicado revestimento com uma demão de chapisco e após argamassa, na espessura média de 2,5cm, conforme traço especificado no projeto, como se observa na figura 4.36.

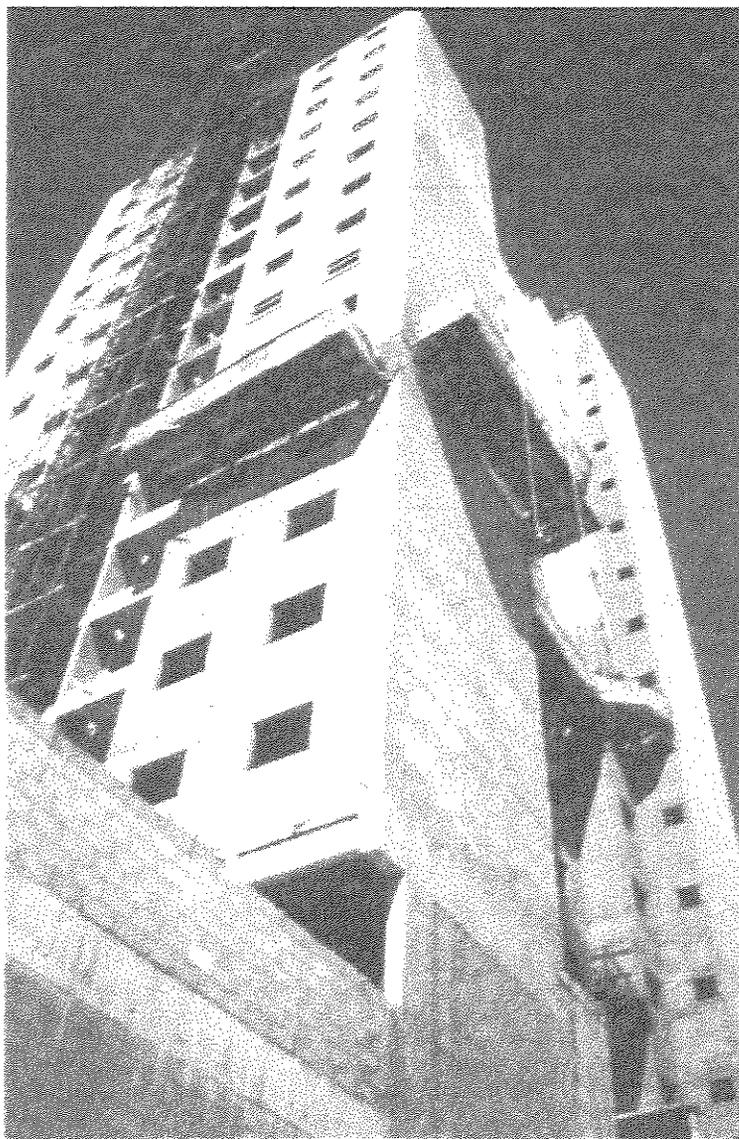


Figura 4.36. – Execução do Revestimento Externo com Argamassa

Nas cozinhas, áreas de serviço e banheiros as paredes foram regularizadas com uma demão de chapisco e uma pequena camada de argamassa (emboço), conforme traço especificado em projeto e sobre este emboço os azulejos foram assentados com argamassa colante, conforme detalhe mostrado na figura 4.37.



Figura 4.37. – Assentamento dos Azulejos e Pisos Cerâmicos

Durante a execução do contrapiso nos quartos e salas, este foi alisado para receber a instalação do piso de madeira (laminado flutuante), que foram instalados sobre manta e fixados com encaixes tipo macho-fêmea. No restante, foram utilizados

pisos cerâmicos fixados com argamassa colante, após a regularização com argamassa.

As pinturas internas foram aplicadas sobre o gesso. Nas paredes e nos tetos das salas e dormitórios, aplicou-se pintura com látex acrílico fosco. Nos demais (cozinha, lavanderia, banheiros e sacadas), executou-se forro de gesso com baguete, pintado com látex acrílico fosco branco neve. Na pintura das fachadas, foram utilizadas texturas acrílicas aplicadas à rolo nas cores branco neve e bege, mostrado na figura 4.38.



Figura 4.38. – Execução da Pintura Externa com Textura à Rolo

Já na fachada da entrada social, o acabamento em textura à rolo foi complementado com detalhes em pedra mineira tipo "canjica", conforme figura 4.39.



Figura 4.39. – Execução do Revestimento em Pedra Tipo "Canjica"

4.2.11. Outros Serviços

4.2.11.1. Aquecimento de Água

O sistema de aquecimento de água utilizado no prédio foi o solar com apoio à gás – assim ocorre uma redução significativa no consumo de energia.

4.2.11.2. Impermeabilização

As alvenarias de embasamento, muros de arrimo, banheiros, cozinhas e áreas de serviço foram impermeabilizados com três demãos de argamassa polimérica aplicada com brocha.

As lajes externas foram impermeabilizadas com manta asfáltica de 4mm (lisa), como é observado na figura 4.40., e a laje de cobertura das caixas d'água com a mesma manta, porém do tipo ardosiada.

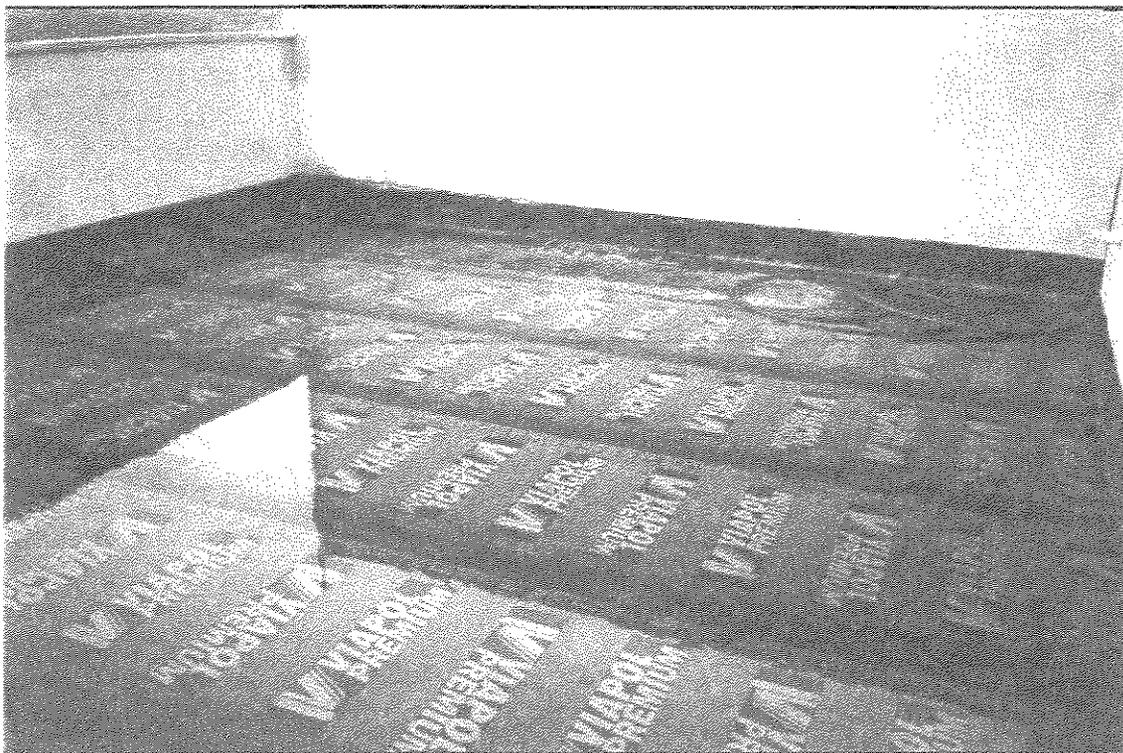


Figura 4.40. – Impermeabilização das Lajes Externas com Manta Asfáltica

As caixas d'água fria, executada em alvenaria estrutural, receberam tratamento de impermeabilização com argamassa polimérica específica para caixa d'água, estruturadas com telas de poliéster.

Tanto o solário como a caixa d'água quente, além de receber a impermeabilização com manta asfáltica, também receberam tratamentos térmicos com isopor adequado para tal serviço.

4.2.11.3. Pára-Raios

Para possibilitar a circulação de pessoas nos solários, o projeto elétrico especificou mastros de sustentação e elevação dos pára-raios, garantindo-se assim maior segurança para os usuários.

4.2.11.4. Patologias

Durante o período de execução do prédio, pudemos observar algumas patologias que surgiram nas paredes, principalmente do último pavimento, nas posições onde existiam vigas de concreto entre a alvenaria e a laje de cobertura, estas vigas não foram desvinculadas das lajes. Quando ocorre a movimentação térmica da laje e conseqüente da viga, ocasiona obrigatoriamente o aparecimento de fissuras entre a alvenaria e as vigas. A empresa que elaborou o projeto estrutural do edifício indicou a solução mais adequada para que se pudesse executar os reparos necessários. A solução adotada foi um reforço do revestimento na faixa da fissura, conforme mostram as figuras 4.41., 4.42. e 4.43.

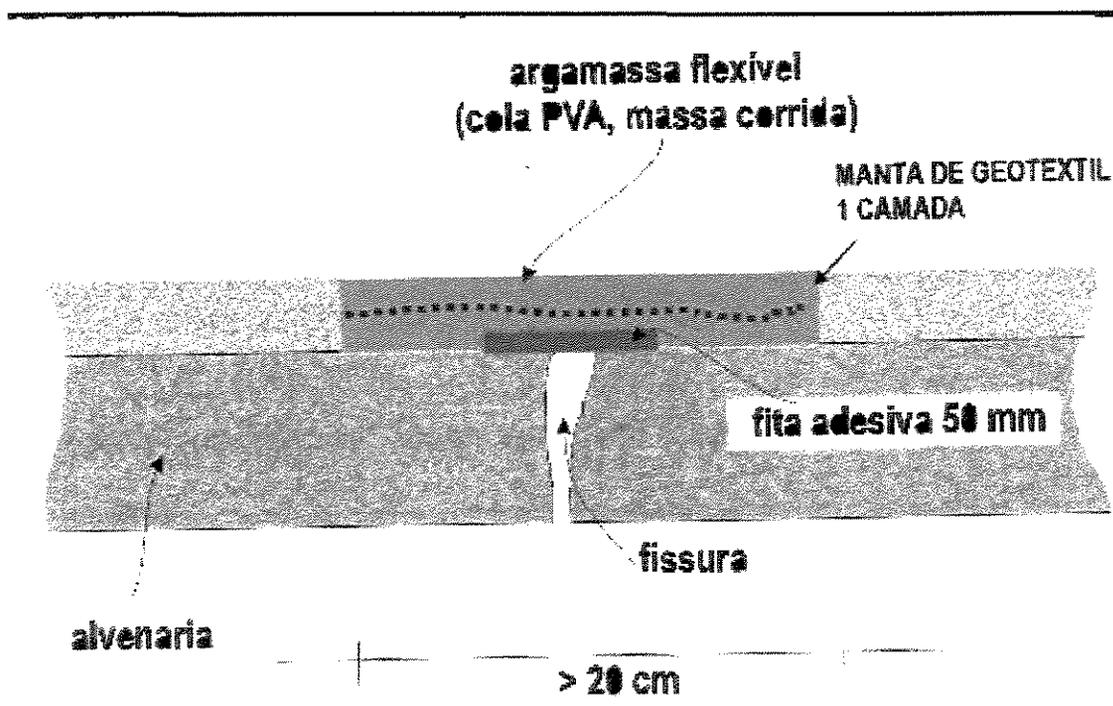


Figura 4.41. – Detalhe do Procedimento dos Reparos (Fonte: Arco, 2002).

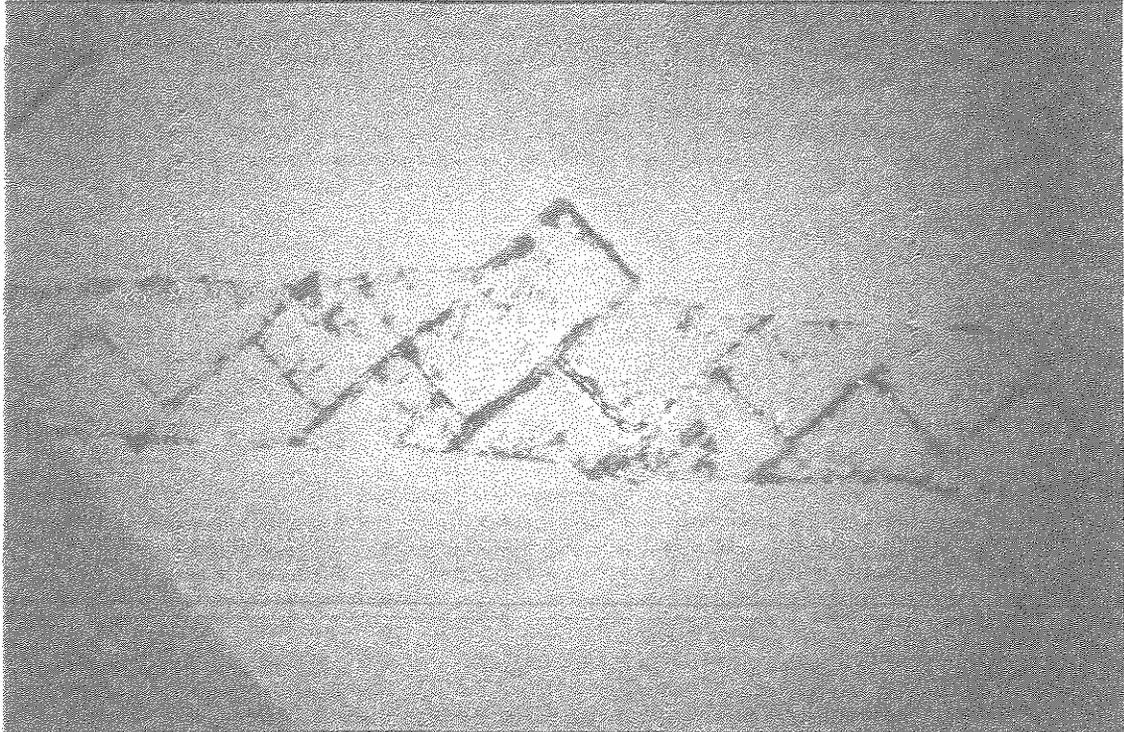


Figura 4.42. – Detalhe da Fissura na Parede Antes do Reparo

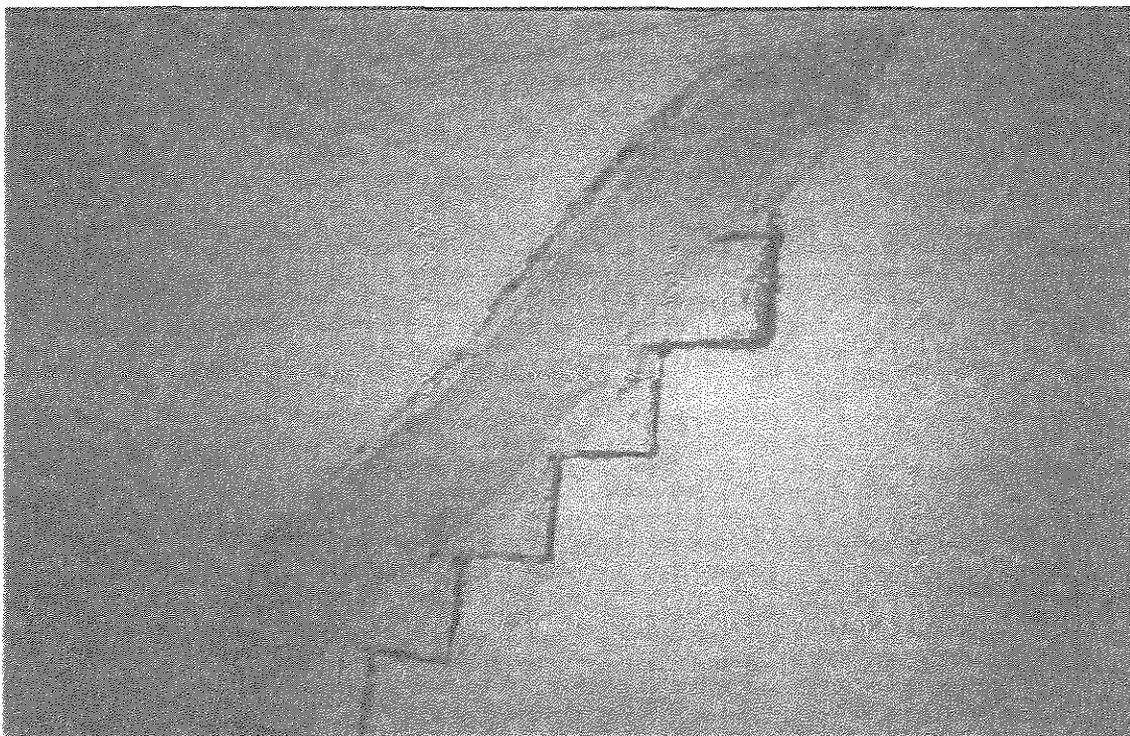


Figura 4.43. – Execução do Reparo da Fissura

4.2.12. Fatos Ocorridos Durante a Execução

Apresenta-se a seguir alguns fatos ocorridos durante a execução da obra.

4.2.12.1. Projetos

No caso em estudo, pode-se dizer que apesar da solução adotada no projeto arquitetônico ter sido adequada ao tipo de processo construtivo, faltaram detalhamentos que por sua vez tiveram que ser supridos pelo projeto estrutural, que acabou servindo como um projeto para produção, devido ao alto nível de detalhamentos.

O projeto estrutural foi de grande importância para um bom desenvolvimento da obra. Por isso, é recomendável que este profissional seja criteriosamente escolhido.

Nos projetos hidro-sanitário / incêndio e elétrico, o nível de detalhamentos foi razoável, porém, com o surgimento de novas tecnologias no decorrer da obra, alguns detalhes do projeto acabaram sendo modificados.

O projeto de fundações foi baseado nas informações geotécnicas, levantadas por ensaios de SPT (Standard Penetration Test) realizados no local. A execução desta etapa contou com o acompanhamento do projetista da solução técnica.

4.2.12.2. Detalhes Construtivos

Não existe no mercado caixinha elétrica com profundidade necessária para bloco estrutural de concreto, portanto, para solucionar este problema foi necessário quebrar o fundo das caixinhas. Os fornecedores foram informados sobre o problema e encaminharam esta informação ao departamento técnico do fabricante para possíveis soluções.

Analogamente à caixinha elétrica, os fornecedores dos quadros de luz também foram contatados para tomarem conhecimento das dimensões dos mesmos, uma vez que não existem no mercado quadros com dimensões múltiplas de 0,20 m, modulação utilizada no projeto arquitetônico, o que acaba dificultando o seu uso, necessitando corte dos blocos de concreto para o assentamento desses quadros.

A colocação das caixinhas elétricas nos blocos deve ser feita antes de assentá-lo, porém sempre respeitando o alinhamento e o prumo.

Nas paredes revestidas com azulejo, os blocos que recebem as caixinhas devem ser recortados antes de serem assentados, porém as caixinhas devem ser assentadas no final, pois sua melhor localização se dará somente quando do seu assentamento. O ideal é que a caixinha esteja sempre nos cantos dos azulejos para facilitar os recortes.

As perfurações das lajes para as passagens das tubulações hidro-sanitárias devem ser executadas após a sua concretagem, evitando-se com isto falha de locação.

O rebaixo da sacada, em relação ao nível do piso interno, deve ser de pelo menos 5cm, para facilitar a padronização das portas balcão e evitar que as águas pluviais acabem por infiltrar e causar umidade nos pisos.

Com a implantação de medidores individuais de energia, água e gás, o condômino paga individualmente o seu consumo e consegue com isto uma redução significativa no valor do condomínio.

Os "shafts" das instalações elétricas e hidro-sanitárias facilitam a execução e principalmente uma eventual manutenção.

No pavimento térreo, ao lado do “lobby”, existe uma sala onde estão localizados todos os quadros de comandos das instalações elétricas do térreo, telefonia, antenas, câmeras de vídeo (segurança), comando dos medidores eletrônicos de gás e água, facilitando com isto a manutenção destes sistemas.

A guarita externa foi substituída por câmeras de segurança monitoradas na recepção do prédio pela recepcionista e a mesma assiste aos moradores quanto a: computador, fax e telefone.

Os “halls” dos elevadores de todos os pavimentos, bem como as garagens (2 subsolos e térreo) e a entrada de carros são dotados de sensores de presença, ocasionando assim uma redução significativa no consumo de energia.

4.2.12.3. Mão-de-Obra

Durante a execução da obra, houve problemas com a mão-de-obra de alguns serviços específicos, principalmente os terceirizados. Um exemplo marcante foi quanto ao revestimento externo do edifício, pois não existia na obra esta especialidade, pelo fato de se trabalhar em andaimes externos (balancins). A construtora contratou vários empreiteiros da região, mas todos iniciavam o serviço e abandonavam em seguida, alegando que as exigências de qualidade da obra eram muito grandes (prumo, nível, espessura da argamassa de 2,5cm).

A solução encontrada pela construtora para resolver este problema, após várias tentativas, foi selecionar os melhores dentre os profissionais que haviam passado pela obra para este serviço e contratá-los como funcionários da empresa e assim executaram este serviço, dentro dos padrões de qualidade estabelecidos por ela. Com isto, vale ressaltar que para se exigir qualidade dos serviços, principalmente os terceirizados, tem-se dificuldade para implantá-lo, como mostra o exemplo acima. A implantação e a exigência da qualidade na obra dependem diretamente da qualidade da mão-de-obra, como já foi relatado no capítulo 2 deste trabalho.

4.3. Controle da Qualidade

O controle da qualidade aconteceu desde a etapa do anteprojeto (concepção) até a entrega da obra e foi um instrumento valioso para se alcançar o sucesso do empreendimento. Os procedimentos para verificação e obtenção da qualidade para cada fase estão descritos de forma teórica e mais detalhada nos capítulos 2 e 3. Aqui, apenas descrevem-se os utilizados de forma prática nesta obra.

4.3.1. Fase de Planejamento

Para assegurar a qualidade da solução e da descrição do projeto, foi necessário controlar a qualidade do seu processo de elaboração. A construtora estabeleceu diretrizes para o desenvolvimento do projeto, a mesma já detinha o domínio tecnológico sobre o sistema construtivo e com isto garantiu-se a coordenação e integração entre os vários projetos. Foi exercida uma análise crítica dos mesmos e também foi exigida qualidade e riqueza de detalhes. Os suprimentos, ou seja, insumos a serem utilizados, também foram muito bem especificados, garantindo-se grande produtividade, redução de desperdício e a “facilidade” da execução, repercutindo diretamente no custo final da obra.

Cabe salientar ainda que o controle da qualidade envolve diversos setores da empresa, como projetos, compras, obras, financeiro e outros; nesta obra houve uma boa integração entre os mesmos.

4.3.2. Fase de Execução

Os insumos adquiridos obedeceram rigorosamente às especificações de projetos, bem como as normativas. Os materiais adquiridos e entregues à obra passaram pelo controle de recebimento e de qualidade. Os registros e a percepção do apontador da obra, em relação ao prazo de entrega e ao desempenho na sua aplicação, também foram parâmetros para a avaliação da qualidade.

Foram priorizados alguns materiais em função da sua importância para o controle laboratorial e de avaliação. As normas técnicas e selos de qualidade foram instrumentos importantes nesta avaliação da qualidade dos materiais.

O rigoroso controle com relação aos materiais passou pela aquisição, recebimento, estocagem e aplicação. Os materiais controlados foram os componentes do sistema construtivo, ou seja, blocos de concreto, argamassa de assentamento, graute, aço e concreto.

Convém ressaltar que a argamassa e o graute utilizados eram recebidos na obra em sacas, conferidas suas quantidades, procedências e especificações técnicas e a seguir descarregados até o local especificado no projeto ("layout") para armazenagem. Cada pilha de sacos eram sinalizadas com placas, especificando por exemplo, argamassa de 12 MPa, para o 1º e 2º pavimentos. A mesma sinalização ocorria para as pilhas de sacos do graute. Por questão de segurança, quando as sacas de argamassas ou grautes de diferentes resistências empilhadas em locais distintos, sempre eram sinalizadas com placas.

Adotou-se o mesmo procedimento para os blocos de concreto. Após inspeção de recebimento, eram descarregados em paletes de madeira e transportados por carrinhos, até o local da estocagem. As pilhas eram sinalizadas por tipo de peça (bloco, meio-bloco, canaleta etc.) e por resistência, como já foi descrito no caso da argamassa e graute.

Todos esses materiais descritos e outros perecíveis foram depositados no 2º subsolo, para facilitar a descarga e posterior transporte para aplicação, pois o guincho estava localizado neste local.

4.3.2.1. Controle Tecnológico

O controle tecnológico desses materiais foi executado por laboratório tecnológico contratado pela construtora para comparar os resultados do projeto.

A figura 4.44. mostra o controle tecnológico do concreto usinado utilizado na obra. Verifica-se que as resistências à compressão obtidas nos ensaios sempre foram superiores (no mínimo 30%) as do projeto.

A figura 4.45. apresenta o controle tecnológico dos blocos de concreto, quanto à resistência à compressão. Verifica-se também que as resistências obtidas sempre foram maiores que as especificadas no projeto. Cabe citar que todos os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 6136 (ABNT, 1994) foram implantados, porém como o fornecedor já possuía selo de qualidade da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), foi apenas solicitado o laudo quanto à absorção de água e retração.

A figura 4.46. mostra o controle tecnológico da resistência à compressão da argamassa de assentamento, verificando-se que os ensaios apresentaram valores sempre acima do especificado; o que chamou a atenção foram alguns picos de resistência muito acima do projetado e, como visto anteriormente, a argamassa não deve ter uma resistência acima da resistência do bloco, para se evitar futuros problemas patológicos. O calculista foi consultado e, após verificações, liberou sua utilização.

A figura 4.47. apresenta os valores de resistência à compressão do graute e os valores dos ensaios mostram também valores acima do especificado em projeto. Apenas nos 5º, 6º, 9º e 10º pavimentos, as resistências dos ensaios se aproximaram das especificadas.

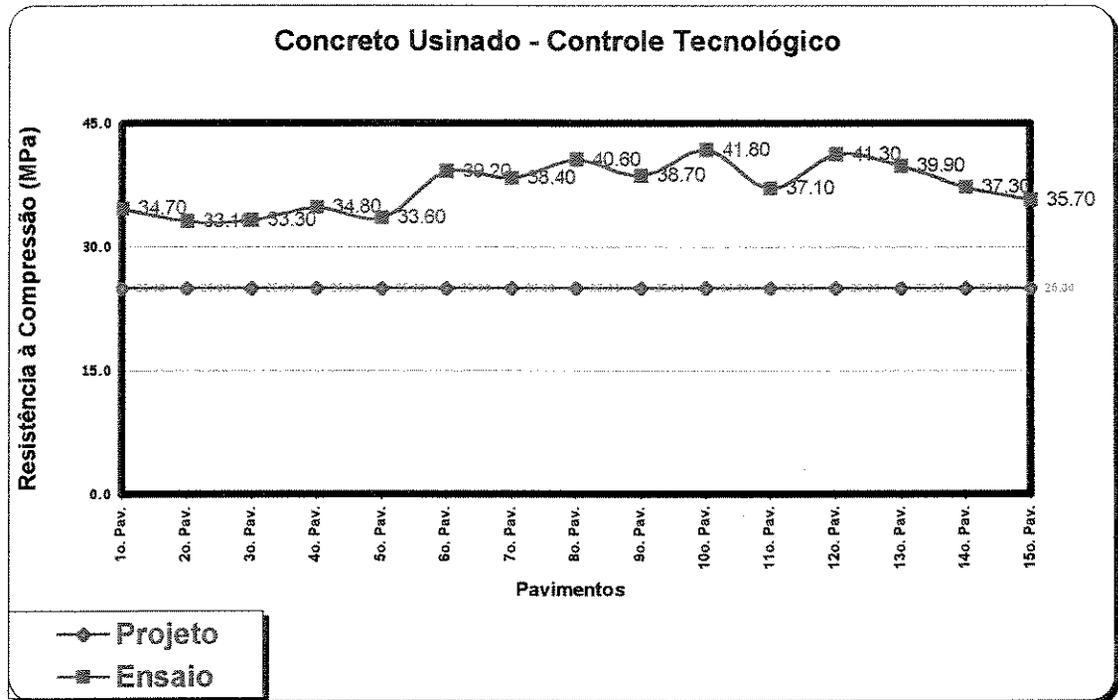


Figura 4.44. – Controle Tecnológico do Concreto

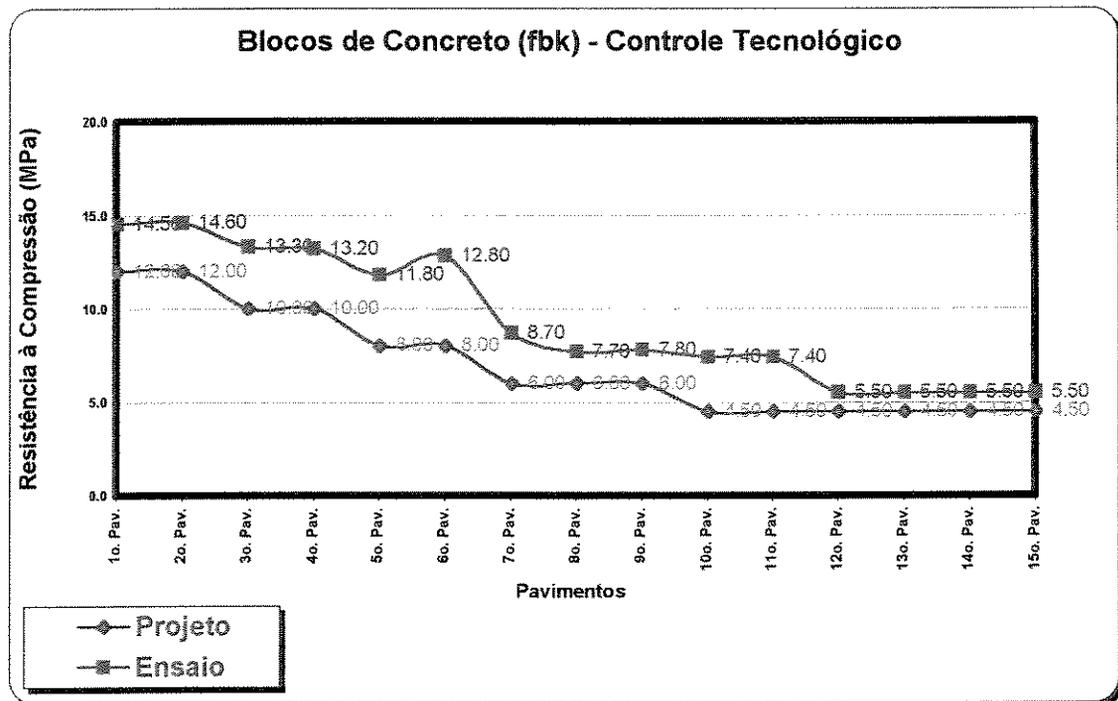


Figura 4.45. – Controle Tecnológico dos Blocos de Concreto

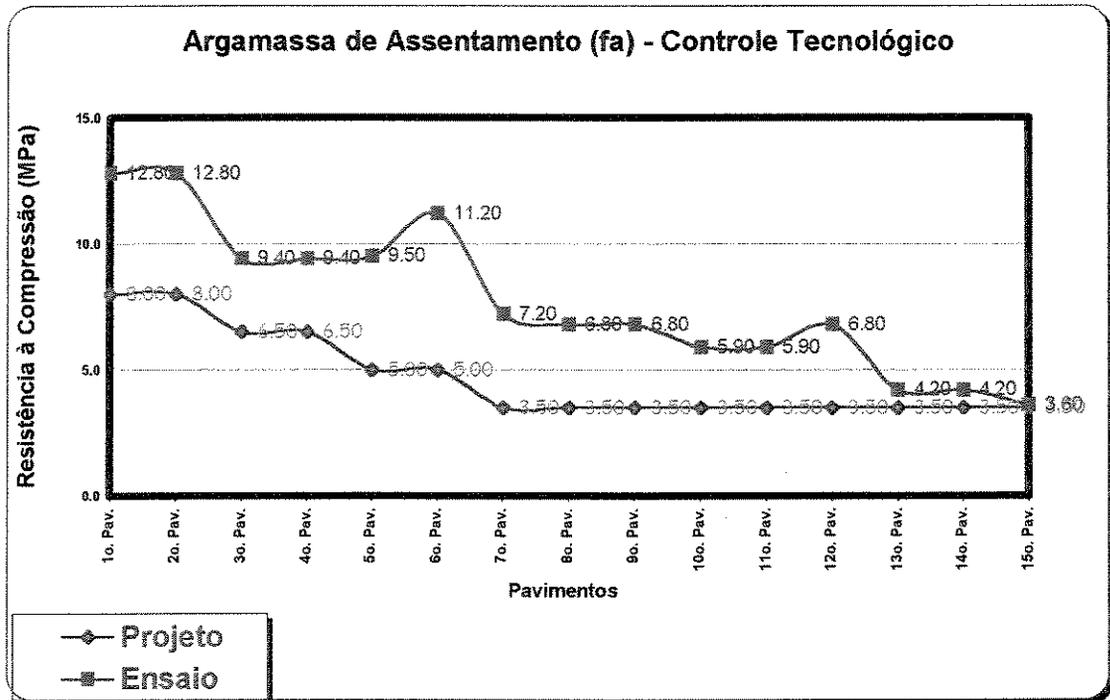


Figura 4.46. – Controle Tecnológico da Argamassa de Assentamento

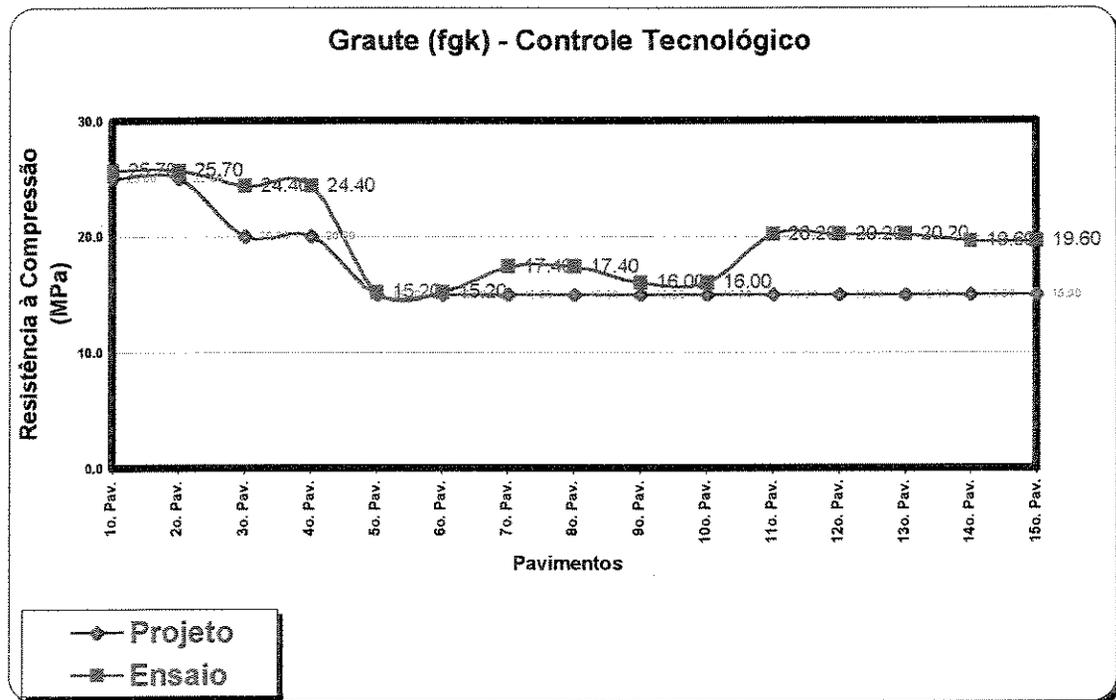


Figura 4.47. – Controle Tecnológico do Graute

Quanto ao controle tecnológico da argamassa de revestimento externo, mostrado na figura 4.48., no que se refere à verificação da resistência de aderência à tração, o mesmo foi realizado segundo procedimentos e métodos normalizados através da norma brasileira NBR 13528 (ABNT, 1995). Os resultados obtidos constam na tabela 4.1.

Tabela 4.1. Controle Tecnológico da Argamassa de Revestimento.

Corpo de Prova N°	Idade (dias)	Carga (N)	Seção (mm ²)	Resistência de Aderência – Ra (MPa)	Forma de Ruptura (%) *					Espessura do Revestimento
					A	B	C	D	E	
1	28	700	1823,2	≥ 0,38	5	95	-	-	-	18
2	28	760	1862,7	≥ 0,41	-	-	100	-	-	21
3	28	1250	1790,8	≥ 0,70	-	100	-	-	-	22
4	28	1660	1831,5	0,91	10	-	90	-	-	20
5	28	270	1775,0	≥ 0,15	-	100	-	-	-	21
6	28	760	1830,7	≥ 0,42	-	100	-	-	-	21

Obs.: Forma de Ruptura :

A – Ruptura na interface argamassa-chapisco
 B – Ruptura na argamassa de revestimento
 C – Ruptura na interface chapisco-substrato
 D – Ruptura na interface revestimento-cola
 E – Ruptura na interface cola-pastilha

A norma brasileira NBR 13749 (ABNT, 1996) – Revestimento de Paredes e Tetos com Argamassas Inorgânicas – Especificação, estabelece no item 5.7 – Aderência, que o revestimento deve ser aceito se cada grupo de seis ensaios realizados com idade igual ou superior a 28 dias, pelo menos quatro valores (Ra), forem iguais ou superiores ao especificado que é $Ra \geq 0,30$ MPa, para o presente

caso. Analisando os valores obtidos na tabela 4.1. e comparando-os ao especificado, nota-se que atendem ao parâmetro mínimo.



Figura 4.48. – Ensaio de Aderência da Argamassa de Revestimento

4.3.2.2. Controle das Perdas

Além dos ensaios para verificar as resistências dos materiais, houve também uma preocupação quanto ao desperdício dos materiais e para tal foram feitos controles das perdas. Pode-se observar nas figuras 4.49., 4.50., 4.51., 4.52., 4.53., 4.54. e 4.55., que os índices de perda foram bem menores dos que se operam no mercado e também dos estimados pelos fabricantes. Alguns materiais, como blocos de concreto, argamassa e graute, tiveram um pico de perda, verificado no 4º pavimento, em razão da queda do guincho de carga sobre a obra pela ocorrência de um vendaval. Quanto ao gesso, apesar do controle rigoroso, não se conseguiu uma redução de desperdício apreciável em função do processo de aplicação ser bastante artesanal e não ter sido executado por empresa de engenharia.

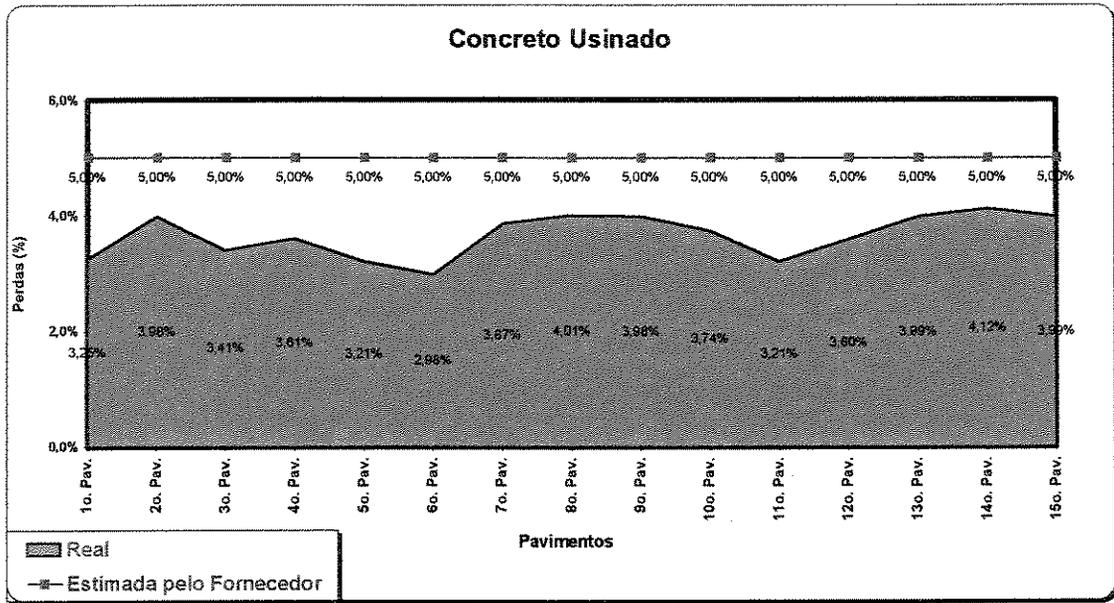


Figura 4.49. – Perdas de Concreto Usinado

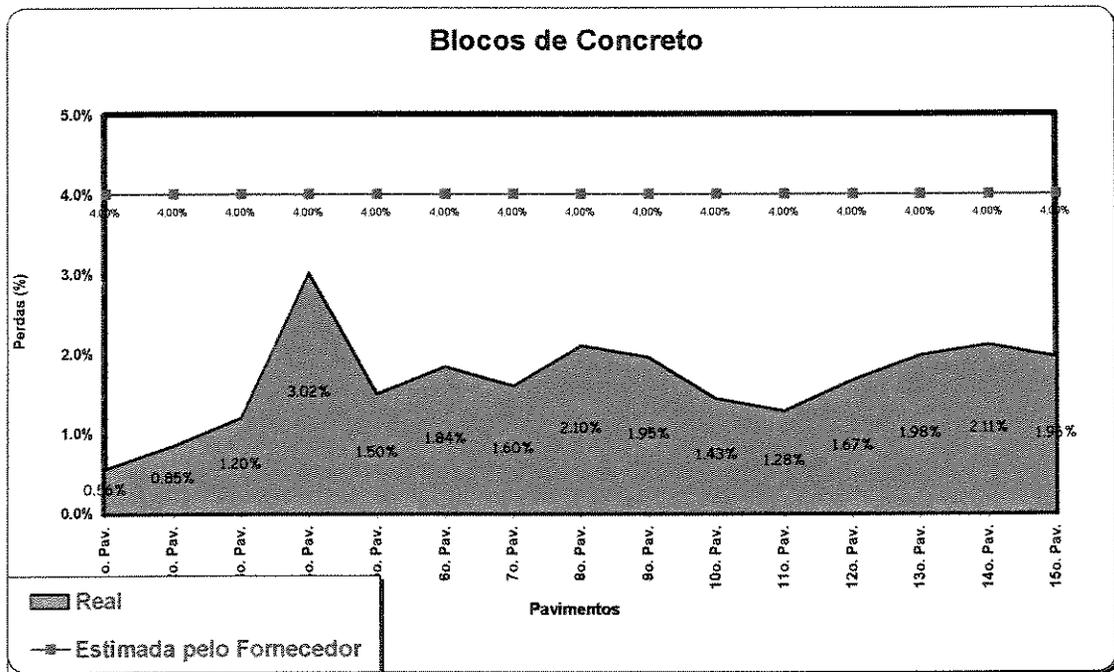


Figura 4.50. – Perdas de Blocos de Concreto

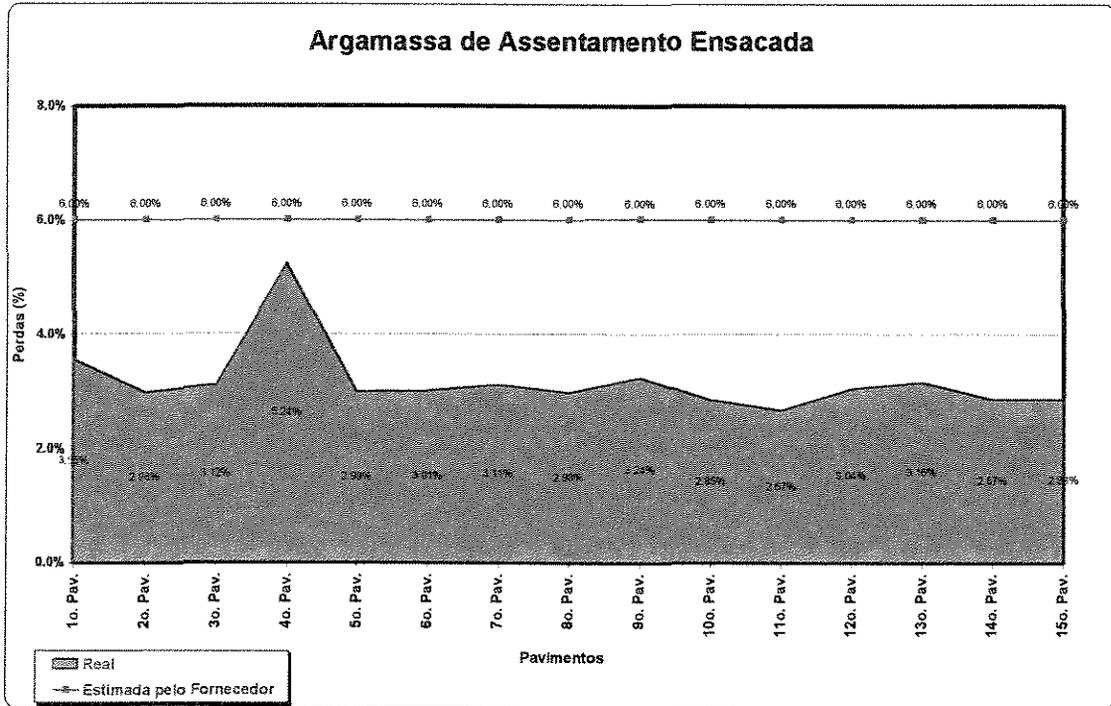


Figura 4.51. – Perdas de Argamassa de Assentamento

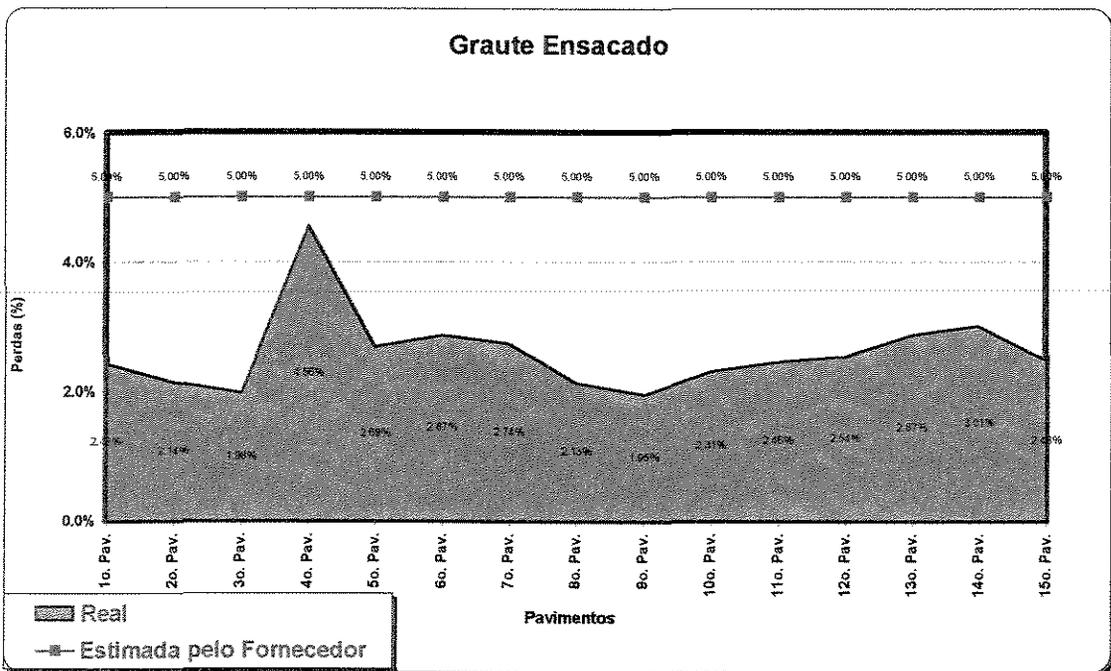


Figura 4.52. – Perdas de Graute Ensacado

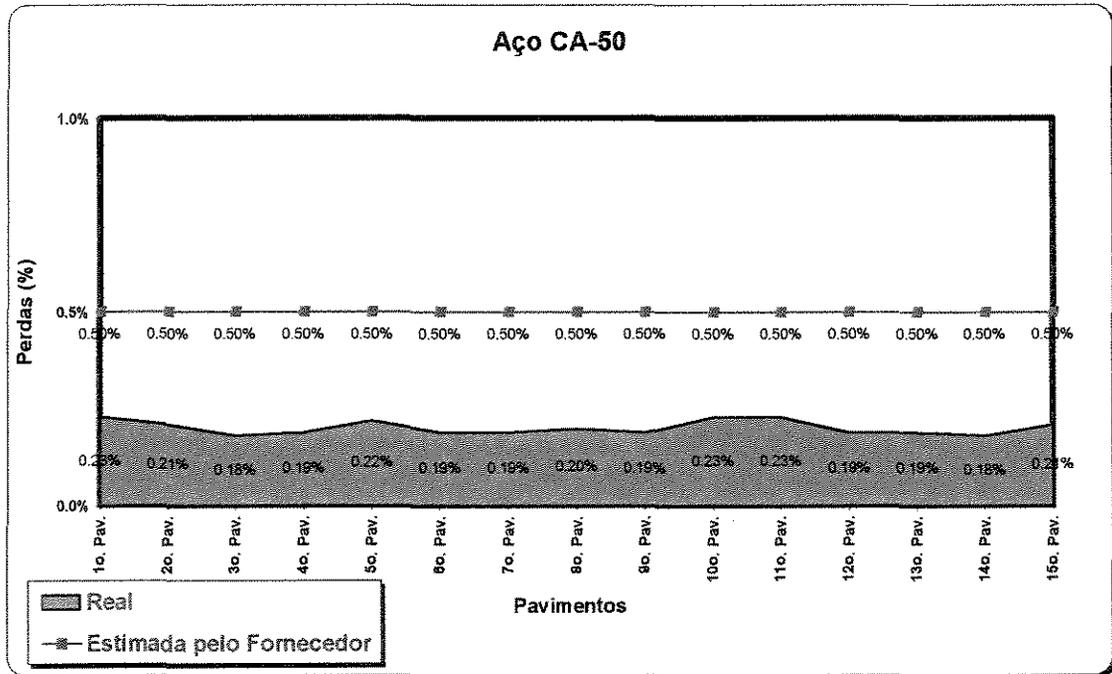


Figura 4.53. – Perdas de Aço CA-50

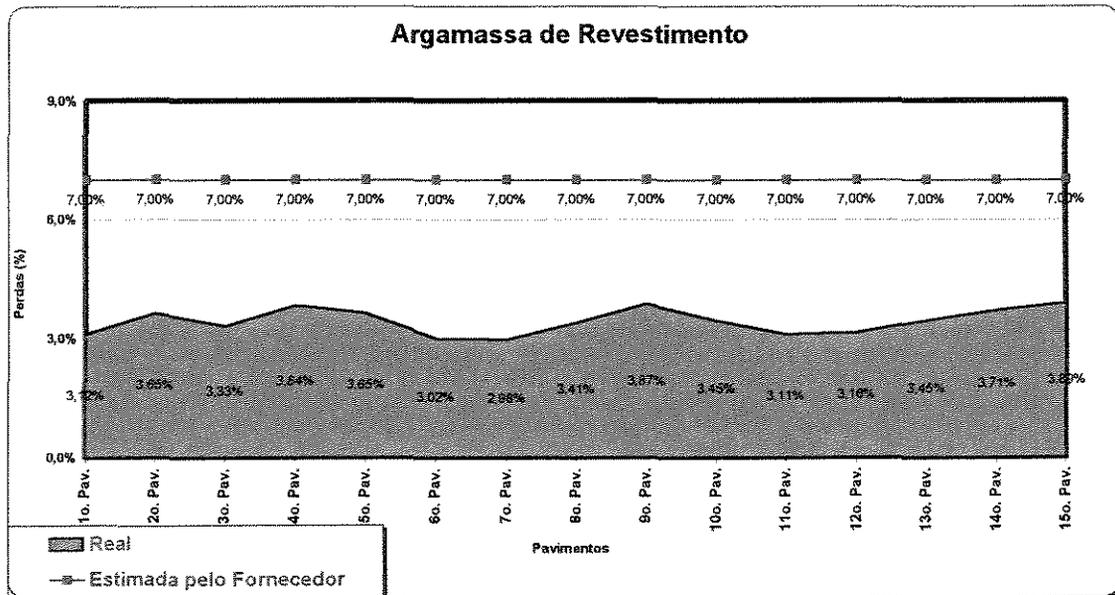


Figura 4.54. – Perdas de Argamassa de Revestimento

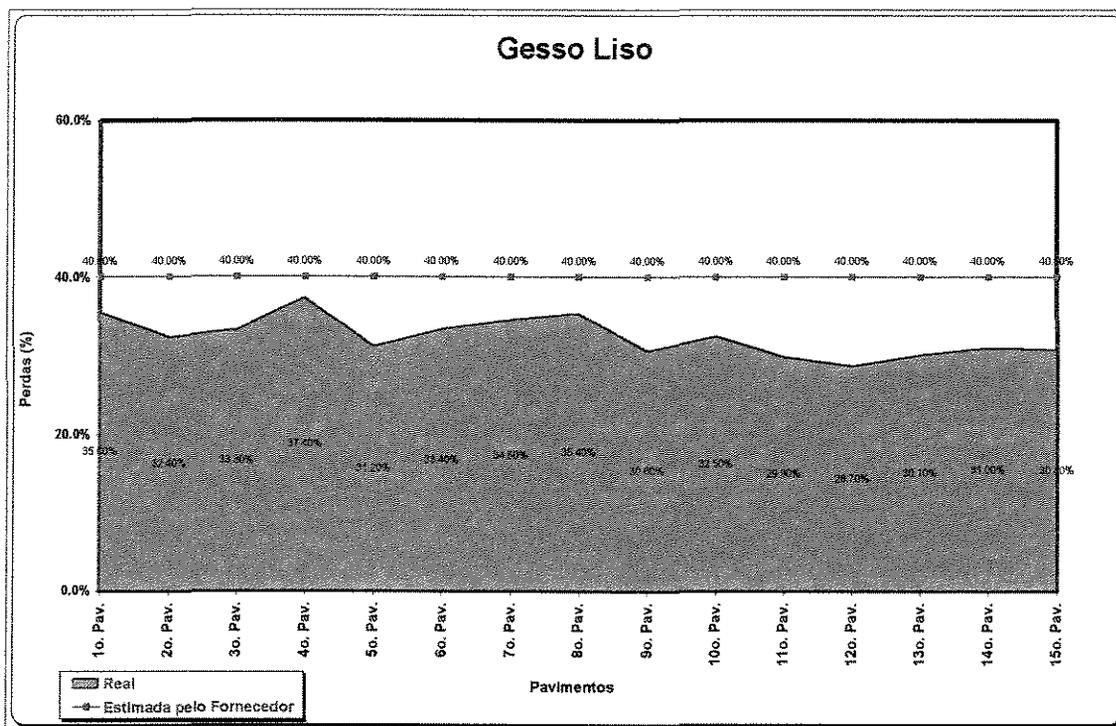


Figura 4.55. – Perdas de Gesso Liso

O controle da qualidade de execução de cada serviço foi realizado por procedimento específico, que aliado à qualidade da mão-de-obra apresentava produtos parciais de qualidade (alvenaria, revestimentos, etc.) que somados, forneceram o produto final (edifício), também de elevada qualidade.

O controle da qualidade efetivo realizado na obra, em cada etapa do processo, proporcionou a qualidade final do edifício, menor prazo de execução, como mostra a figura 4.56., que aliado ao rigoroso controle de desperdícios de materiais se obteve o máximo desempenho do sistema racionalizado em alvenaria estrutural. A figura 4.57. mostra a considerável redução dos custos para cada etapa, em relação aos valores orçados.

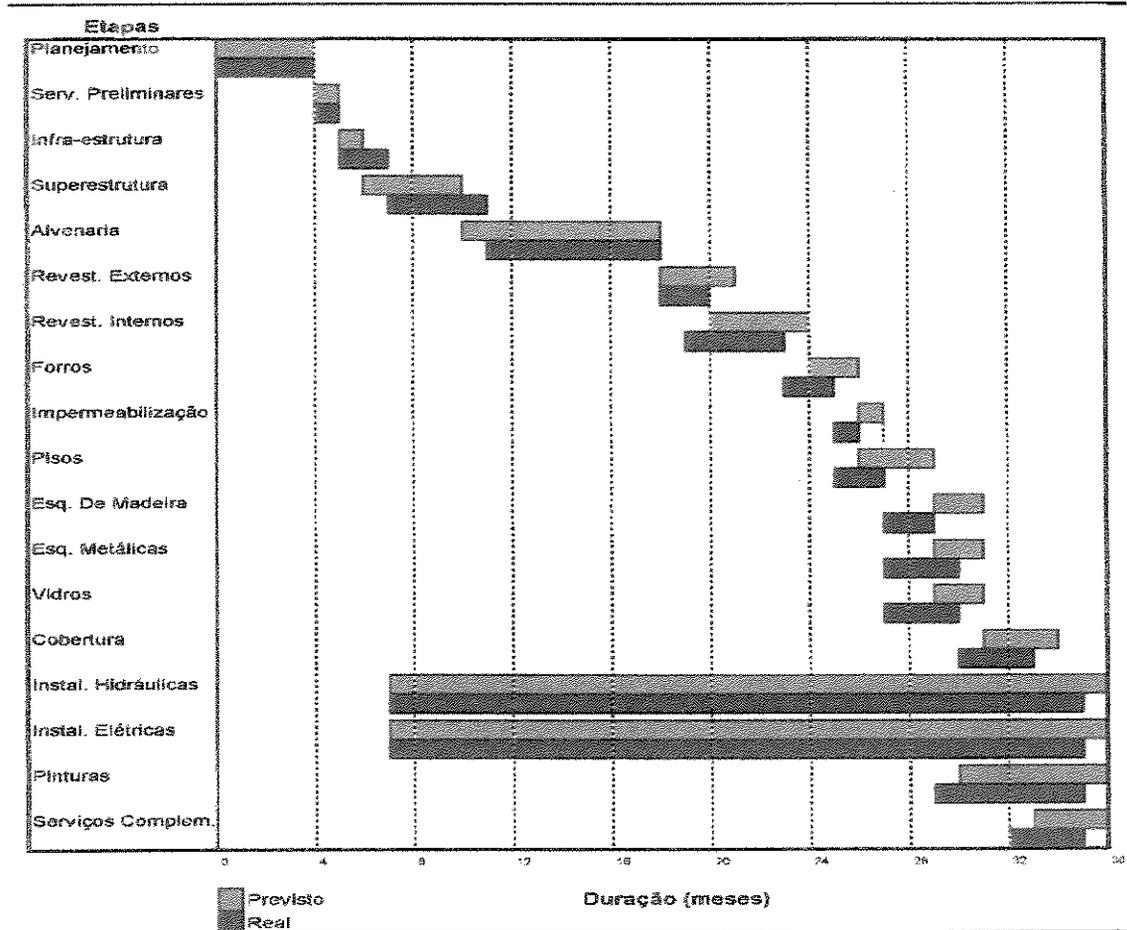


Figura 4.56. – Cronograma Físico de Barras entre Previsto e Realizado

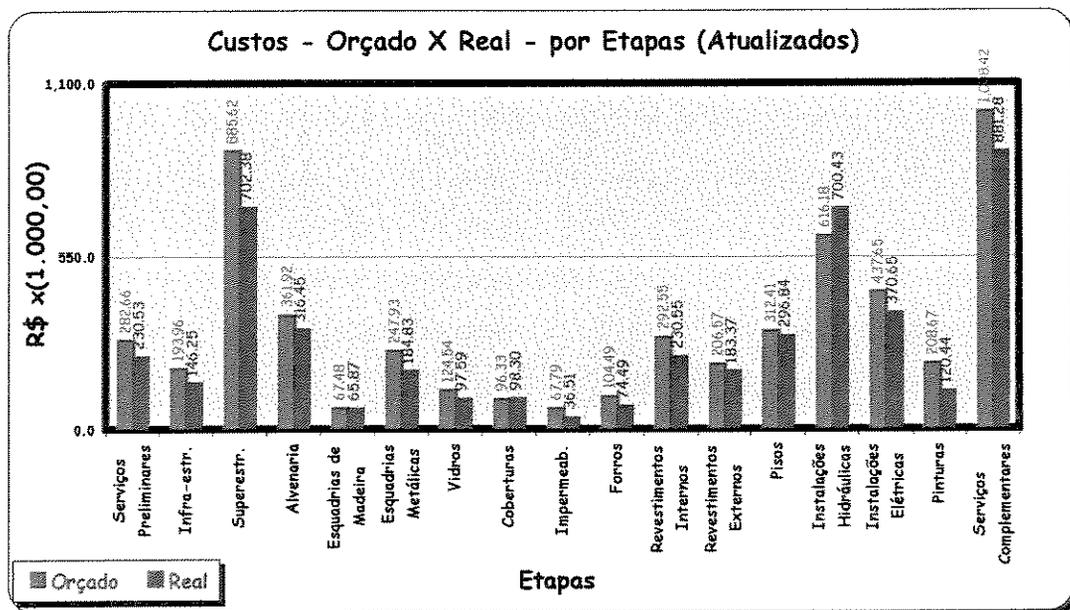


Figura 4.57. – Orçamento Comparativo entre o Previsto e Realizado

Analisando a figura 4.57., pode-se afirmar que o valor realizado obteve uma economia de aproximadamente 14% com relação ao orçamento inicial.

Reforça esta afirmação, a comparação do custo do metro quadrado de construção entre os valores previstos, realizados e de mercado, atualizados todos eles para o mês de outubro de 2003, como mostra tabela 4.2.

Tabela 4.2. Comparativo do Custo do Metro Quadrado de Construção
(Fonte: Revista Construção Mercado N° 27, Pini, Outubro, 2003)

Custo do m2 de Construção (R\$ - Base Outubro/2003)			
Previsto	Realizado	Mercado (Sinduscon)	
Alto Padrão	Alto Padrão	Padrão Normal	Alto Padrão
629,90	540,99	771,50	930,00

Observa-se, na tabela 4.2., que o valor do custo do metro quadrado obtido na obra, embora seja de alto padrão foi de 29,88% inferior ao valor de mercado de padrão normal e 41,83% inferior em comparação ao alto padrão. Isto comprova que o controle rigoroso, através do gerenciamento efetivo existente nesta obra, levou ao sucesso do empreendimento em padrão de qualidade, prazo de execução e custo final da obra.

4.4. Resultado Final

Após as avaliações anteriormente efetuadas, onde foram descritos todos os controles, inclusive com a demonstração do custo real, a figura 4.58. mostra a fachada do prédio concluído, observando-se que realmente é uma obra de alto padrão.



Figura 4.58. – Vista da Entrada Principal do Edifício Concluído

No capítulo 5, será apresentado um resumo, contendo as diretrizes e as recomendações para o gerenciamento de um empreendimento.

5. DIRETRIZES E RECOMENDAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE UM EMPREENDIMENTO

No capítulo anterior, utilizou-se a construção de um edifício de múltiplos pavimentos, para avaliar a proposta desta tese, de cunho tecnológico, de que o gerenciamento é a ferramenta ideal para viabilizar todos os cinco fatores (projetos, tecnologia, suprimentos, organização da produção e gestão da mão-de-obra), que garantem o sucesso de um empreendimento. Os resultados obtidos comprovam que a obra foi executada dentro das especificações técnicas recomendadas, respeitando o prazo estabelecido e com custo no padrão de mercado.

Normalmente o que ocorre, é que os problemas surgidos e suas soluções específicos de cada obra, ficam somente na “cabeça” dos profissionais e não são documentados por eles. Se as empresas de engenharia, através de seus profissionais, documentassem todas essas ocorrências, haveria uma evolução muito grande no setor e certamente a engenharia e a própria sociedade se beneficiariam, pois na medida em que se aumenta a qualidade dos edifícios e diminui seu custo, um maior número de pessoas é favorecido.

Por isso, entende-se que este trabalho é uma colaboração importante para a indústria da construção civil. Uma primeira recomendação é que toda experiência de uma determinada obra deve ser avaliada e incorporada como procedimento da própria empresa, ou seja, fazer a retroalimentação de todo o sistema construtivo.

Ressalta-se que todas as fases de uma obra devem ser avaliadas e conclui-se que nem tudo é totalmente bom que não precise ser melhorado e nem tudo é totalmente ruim que nada se aproveite. Reafirmando o que já foi descrito anteriormente, a retroalimentação é importantíssima para a continuidade do processo, sempre na busca cada vez maior da racionalidade, produtividade e melhoria continuada da qualidade final.

Com esta avaliação no final de cada obra, a empresa poderá melhorar a qualidade dos profissionais e também dos seus sistemas construtivos. Com esta experiência que vai se acumulando, pode-se contribuir e muito para esta análise.

Vale destacar a importância da escolha da equipe de profissionais de projetos; ela deve ser totalmente homogênea em termos de conhecimento da tecnologia empregada, e deve ser totalmente dominada pelos mesmos. Com esta equipe de projetos constituída pelo gerente do empreendimento que conhece os materiais de qualidade existentes no mercado, têm-se todos os projetos, os memoriais, as especificações dos materiais, as técnicas de execução e os projetos para produção. Os outros dois fatores: organização da produção e gestão da mão-de-obra serão gerenciados na fase de execução.

A figura do gerente do empreendimento (empresa ou profissionais), coordenando esta equipe de projetos e também a execução da obra, é o ponto principal para o sucesso do empreendimento. Nota-se que neste caso particular, estes profissionais, representados pelo executor desta tese, confirma a veracidade e a necessidade destes.

Após a comprovação da tese, apresenta-se a seguir uma proposta de roteiro prático, baseado naquele utilizado na obra objeto do estudo, no capítulo anterior, que certamente será de grande valia para outras obras a serem executadas. Essa proposta evidencia a premente participação do gerenciamento em todas as fases do empreendimento.

Este roteiro foi elaborado, considerando-se os cinco fatores do gerenciamento, em função de medidas adotadas neste empreendimento, baseando-se em experiências já adquiridas anteriormente em outras obras e principalmente em recomendações e metodologias constantes de materiais bibliográficos já citados anteriormente no capítulo 2. Ele é bastante resumido e poderá ser complementado em função do porte e qualificação dos empreendimentos das empresas, bem como dos profissionais envolvidos. Com isto, conclui-se que cada empreendimento deve ter um sistema de gestão próprio, que deve ser desenvolvido e implantado de acordo com suas características, estilo e capacidade gerencial da empresa, buscando-se sempre a qualidade e redução de seus custos diretos e indiretos, tornando-se cada vez mais competitivo em um mercado cada vez mais exigente. Em uma empresa de pequeno porte, será mais fácil implantar este sistema de gestão em função do próprio proprietário ser o gestor, ao passo que em uma grande empresa precisaria disseminar esta idéia a todos os departamentos e contar com a colaboração de todos.

Os cinco fatores estão diretamente relacionados, portanto não devem ser considerados como estanques. Cada um deles tem reflexos diretos nos outros, formando uma cadeia interligada que se complementa.

5.1. Proposta de Roteiro para Gerenciamento do Empreendimento

5.1.1. Fases do Planejamento

5.1.1.1. Projetos

Os projetos são o marco inicial de todo o processo e foram resumidos em duas etapas principais:

a) Estudo Preliminar:

- Pesquisas de Dados: tem o objetivo de caracterizar o produto, as condições pré-existentes e as restrições para elaboração do projeto, levantar o potencial construtivo em função da legislação e os objetivos do cliente;
- Programa: determinação das exigências de caráter prescritivo e de desempenho a serem satisfeitas pelo edifício, tanto em seus aspectos qualitativos como quantitativos;
- Estudo de Viabilidade: fazer análises técnicas, legais e econômicas para escolha da alternativa para a concepção do projeto. Permite verificar se o programa, terreno, legislação, custos e investimentos são compatíveis com os objetivos do cliente.

b) Projetos:

- Anteprojeto: representação da configuração inicial da edificação, considerando os dados da pesquisa inicial. Contêm informações

técnicas para o detalhamento do edifício e a inter-relação com as demais atividades técnicas que já se iniciaram no estudo preliminar. Nesta etapa, além da arquitetura, já se tem o envolvimento de todos os outros projetistas (estrutura, hidro-sanitária e incêndio, elétrica). Neste momento, já se define a tecnologia a ser empregada;

- Projeto Legal: elaborar para aprovação dos órgãos competentes. O objetivo é obter as licenças e os alvarás para a execução de obras;
- Projeto Executivo: já contempla a compatibilização e apresenta as soluções para todas as interferências dos diversos projetos. Apresenta detalhes construtivos e de execução em escalas apropriadas e são apresentados por especialidades;
- Projeto para Produção: este projeto tem como objetivo a produção e não o produto, isto é, nestes projetos estão contidos os desenhos e as especificações do processo de produção para determinada obra e mostra nitidamente como "executá-la";
- Memoriais Descritivos: especifica os padrões de acabamentos e os locais de aplicação de cada material;
- Orçamentos e Cronogramas: importantes para planejar e controlar a obra.

5.1.1.2. Tecnologia

A tecnologia se mostrou muito importante no gerenciamento do processo construtivo. Quanto à sua aplicação ressalta-se:

- É necessária em todas as etapas, do anteprojeto até o término da obra;
- Deve ser dominada tanto pelas empresas de projetos, quanto pelas executoras da obra;
- Estar completamente desenvolvida e adaptada para o local de sua aplicação.

5.1.1.3. Suprimentos

Nesta etapa, entende-se por suprimentos, todas as especificações técnicas e detalhamento dos materiais a serem aplicados na obra (fabricante, dimensões, cores, módulos etc.) e suas condições de execução. Pode-se já nesta fase fazer uma pré-seleção de fornecedores.

5.1.2. Fase de Execução

Após todo o conhecimento do empreendimento, análise de documentos, projetos e especificações, orçamentos e cronogramas, passa-se a organizar a implantação e produção.

5.1.2.1. Organização da Produção

É o fator chave do sucesso do gerenciamento na fase de execução onde se consegue a efetivação da produtividade. A construção civil tem por obrigação e como verdadeira missão social, participar da onda de produtividade.

A redução do desperdício, das perdas, é uma consequência do processo deste estado de espírito voltado para a produtividade. Mas é justamente na redução dos desperdícios que se encontram os resultados econômicos, os lucros financeiros para as empresas, benefícios sociais para o Estado e a melhoria da qualidade de vida de toda a população.

- a) Implantação do Canteiro de Obras: deve-se elaborar um projeto detalhado para implantação do canteiro, considerando-se para seu dimensionamento: alojamento, banheiros, refeitórios, almoxarifado, depósito de materiais, centrais de produção, circulação de materiais e pessoal, entre outros;
- b) Programação da Obra: plano de equipes, cronogramas de suprimentos, análise real dos cronogramas físicos e financeiros, gestão para se garantir prazos e custos;
- c) Materiais e Equipamentos: dimensionamento e solicitação de materiais, controle de qualidade no recebimento, orientação para a correta estocagem e aplicação dos materiais, organização do almoxarifado e retroalimentação sobre a qualidade dos materiais recebidos, visando à qualificação do fornecedor. Dimensionamento e solicitação dos equipamentos e ferramentas necessárias, manutenção dos equipamentos e ferramentas em uso, especificação dos equipamentos a serem utilizados por sub-

empreiteiros, retroalimentação do processo de compra, locação e manutenção de equipamentos, visando à seleção e qualificação de fornecedores;

- d) Controle da Produção: coordenação e controle das atividades de produção e qualidade dos insumos, garantindo qualidade, prazos e custos orçados. O descontrole, quanto aos custos, pode criar graves dificuldades em termos econômico-financeiros, podendo inclusive ser responsável pela “quebra” de empresas e inviabilização do empreendimento. Em geral, estes controles são parciais e a empresa acaba não tendo um domínio sobre os custos, portanto necessita-se do controle efetivo dos custos. Controle do processo de produção de cada serviço, através de cada procedimento específico e a rápida intervenção e correção quando da não-conformidade. O controle tecnológico garante a qualidade dos insumos e o controle de perdas efetiva a garantia dos custos orçados e, até mesmo, a redução.

5.1.2.2. Gestão da Mão-de-Obra

Sem a qualificação desta e condições de trabalho não se viabiliza a realização do empreendimento, pois não é só por meio de equipamentos sofisticados e de técnicas produtivas apuradas que se aumenta a produtividade, mas também através do potencial humano, das atividades das pessoas e dos fatores motivacionais.

Com isto, conclui-se que a redução do desperdício também passa pela valorização dos recursos humanos, treinamento, desburocratização de informação, programa de metas e motivação.

- a) Pessoal: dimensionamento e solicitação da mão-de-obra administrativa e técnica necessária para a obra, dimensionamento e solicitação de contratação dos serviços especializados, sub-empregados, verificação quanto ao fornecimento de alojamento e refeições. Retroalimentação do processo com informações sobre a qualidade dos prestadores de serviços e da mão-de-obra própria, visando à qualificação de fornecedores e treinamento e motivação da mão-de-obra;

- b) Segurança do Trabalho: dimensionamento e solicitação dos EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), controles do recebimento dos EPIs na obra e utilização por parte da mão-de-obra própria e sub-empregados. Dimensionamento, projeto e execução dos dispositivos de segurança do trabalho, conscientização e treinamento dos funcionários e sub-empregados para a correta utilização dos EPIs.

Esta proposta de gerenciamento, tanto pode ser mais complexa em um dos itens, como pode-se criar novos itens em função da especificidade de cada obra ou, ainda, pelo porte do empreendimento e capacitação tecnológica e administrativa das empresas e seus profissionais.

A tabela 5.1. mostra um resumo dos itens descritos anteriormente.

Tabela 5.1. Tópicos para o Gerenciamento de um Edifício

Gerenciamento	
Planejamento	Execução
<p>a) Projetos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudo Preliminar: <ul style="list-style-type: none"> Pesquisa de dados Programa Estudo de Viabilidade - Projetos: <ul style="list-style-type: none"> Anteprojeto Projeto Legal Projeto Executivo Projeto para Produção Memoriais Descritivos Orçamentos e Cronogramas <p>b) Tecnologia</p> <ul style="list-style-type: none"> Em todas as etapas Domínio Desenvolvida e adaptada <p>c) Suprimentos</p> <ul style="list-style-type: none"> Especificações Condições de execução 	<p>a) Organização da Produção:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implantação do canteiro de obras; - Programação da obra; - Materiais e equipamentos; - Controle da Produção: <ul style="list-style-type: none"> Atividades de produção Controle tecnológico Controle de perdas <p>b) Gestão da Mão-de-Obra:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pessoal; - Segurança do trabalho.

6. CONCLUSÕES FINAIS

Analisando o presente trabalho e fazendo uma reflexão sobre o mesmo, entende-se que a proposta de cunho tecnológico apresentada foi cumprida, passo a passo em cada item e sub-itens. Os resultados obtidos comprovaram a proposta inicial: o gerenciamento dos cinco fatores (projetos, tecnologia, suprimentos, organização da produção e gestão da mão-de-obra) levam ao sucesso do empreendimento.

Salientamos ainda que o desenvolvimento desta tese foi uma experiência muito gratificante, pois escolheu-se um tema importante para a engenharia civil: o gerenciamento da construção civil, com sua aplicação prática, através de um sistema construtivo em alvenaria estrutural de blocos de concreto.

O trabalho foi realizado, com a participação deste doutorando, gerenciando desde a fase do projeto até a execução de uma obra, analisando especificações e controles, ou seja, participando efetivamente da construção de um edifício em alvenaria estrutural de 16 pavimentos.

Foi uma obra de sucesso, pois cada etapa foi planejada, buscando sempre a solução adequada com muito critério e muita técnica.

Mostrou-se aqui que o gerenciamento da construção é possível, mas para viabilizá-lo deve ser tomada uma série de cuidados e procedimentos.

Mostrou-se também que o sucesso da construção civil está diretamente relacionado aos cinco fatores, ou seja, projetos, tecnologia, suprimentos, organização da produção e gestão da mão-de-obra. A viabilização destes depende da figura do gerente do empreendimento, profissional que deverá coordenar todos os trabalhos, desde a fase de planejamento (projetos, memoriais descritivos e especificativos, orçamento e cronograma físico-financeiro) até a fase de execução do empreendimento (treinamento da mão-de-obra, uso de ferramentas adequadas e técnica de execução, viabilização da organização da produção, controles de perdas, produção, produtividade e custos).

O papel do gerente do empreendimento deve ser efetivamente de gerenciar e coordenar todas as atividades envolvidas no empreendimento. O gerenciamento pode ser implementado, sem que ocorram mudanças radicais na forma de produzir e nem grandes investimentos financeiros e sim investimentos intelectuais.

Também mostrou-se a necessidade de se documentar todas essas informações, como ocorreu neste trabalho, que servirá como procedimentos em outras obras da mesma empresa. Destacou-se que cada fato ocorrido, desde quando detectado até a solução encontrada, foi aqui relatado.

Os destaques foram os controles tecnológicos realizados, demonstrados em gráficos comparativos entre o especificado em projeto e o real da obra, ressaltando-se os resultados positivos em função da boa qualidade dos materiais e da mão-de-obra, utilizados na sua aplicação.

Com relação aos gráficos de perdas dos materiais, entende-se que a eficiência dos controles, o treinamento da mão-de-obra, as ferramentas adequadas, as

especificações corretas dos materiais, aliadas a outros controles de produção, confirmam que a proposta do trabalho estava correta.

Enfim, pode-se afirmar balizando-se neste trabalho, que pode-se construir com mais eficácia, utilizando a alvenaria estrutural com blocos de concreto para edifício de múltiplos pavimentos. Entende-se ainda que este sistema é um dos mais viáveis tecnicamente para se construir e que as construtoras estarão cada vez mais, utilizando-o em função de sua propagação nos meios técnicos.

O sistema até então era utilizado em prédios populares e/ou de médio padrão, mas neste trabalho mostrou-se que pode e deve também ser utilizado em edifícios de alto padrão, desde que sejam tomados todos os cuidados destacados e principalmente ter um gerente envolvido, desde a fase de projeto até a fase de execução.

O gerenciamento total é fundamental para o desenvolvimento tecnológico e a melhoria continuada da qualidade, pois permite a incorporação e atualização tecnológica, aumentando o desempenho tanto dos processos, como dos produtos.

A colaboração desta tese, através das diretrizes apresentadas no capítulo 5, são plenamente aplicáveis e necessárias para o incremento da eficiência e da eficácia na evolução tecnológica do sistema construtivo em alvenaria estrutural de bloco de concreto e de outros sistemas racionalizados.

O gerenciamento deve coordenar totalmente a integração entre os vários projetos, sub-sistemas e execução para melhor explorar o potencial deste sistema construtivo e não apenas ater-se a execução da alvenaria. Com isto, conclui-se que ter uma visão global do empreendimento é de grande e imprescindível valia.

Uma outra preocupação do gerenciamento, que doravante deverá ser considerada, é quanto ao resíduo da obra, pois existe uma legislação federal que está em fase de implantação, estabelecendo as diretrizes a serem seguidas pelos

municípios com relação aos resíduos de obra, bem como o seu destino, preocupada sempre com a preservação do meio ambiente. Após a regulamentação desta lei, as regras serão estabelecidas e os municípios terão dois anos para implantá-las.

A Prefeitura do Município de São Paulo já está implantando esta medida e os municípios do interior do nosso estado deverão seguir esta lei. Ela irá afetar diretamente o custo da obra, pois o seu resíduo (entulho) deverá passar por um processo de seleção, enquadramento e seguir para os locais de deposição diferenciados, ou seja, materiais recicláveis, inertes e não inertes. O construtor pagará por este processo, ou seja, haverá um acréscimo deste custo à obra.

Este fato novo vem reforçar a proposta desta tese sobre a necessidade de se controlar as perdas da obra. No capítulo 4, foram apresentados os controles realizados na obra em estudo e os resultados conseguidos em termos de economia, mas se a nova lei estivesse em vigor, este ganho seria muito maior, pois, além desta economia, acrescentaria a ela o custo do processamento destes resíduos. Portanto, a partir de então, este controle de perdas nas obras, certamente será muito grande.

O estudo de muitos dos assuntos abordados neste trabalho e outros, segundo nossa avaliação, merece um aprofundamento e certamente serão temas de futuros trabalhos de gerenciamento em:

- a) Qualidade Total: O empreendimento deverá prever, além dos cinco fatores (projetos, tecnologia, suprimentos, organização da produção e gestão da mão-de-obra) descritos neste trabalho, o papel do **usuário** do produto (edifício), completando assim o ciclo da qualidade total;
- b) Meio Ambiente: Nos empreendimentos, desde a fase de planejamento até a execução, aplicar de forma efetiva diretrizes que preservem o meio ambiente, quanto ao reaproveitamento

máximo dos insumos (madeira, água etc.), utilizar materiais alternativos e recicláveis (por exemplo, argamassa de entulho da obra), prever em projeto a racionalização do uso da água e da energia elétrica (esgoto a vácuo, bacia sanitária ecológica, torneiras com sensores e utilização de sensores de presença nas instalações elétricas etc.), bem como o uso de energias alternativas (por exemplo, aquecimento de água solar etc.);

- c) Manual de Procedimentos e Avaliações: Elaborar um manual de procedimentos e avaliações para os diversos sistemas construtivos, contendo as técnicas, métodos e as suas respectivas avaliações. Com isto, as construtoras poderão abolir o papel do “super-gerente”, cujas informações estão em sua “cabeça” e passar a adotar o gerenciamento que utiliza um manual que institucionaliza os procedimentos documentados.

Esperamos, enfim, com este trabalho de cunho tecnológico ter contribuído modestamente para o desenvolvimento da engenharia civil e que ele sirva para aqueles que utilizam o sistema construtivo em alvenaria estrutural ou mesmo outro sistema racionalizado. A expectativa deste estudo é também fornecer um material de apoio com informações reais de uma obra, que serviu como base para o desenvolvimento desta tese.

_____. **NBR 12118**: blocos vazados de concreto para alvenaria – determinação da absorção de água, do teor de umidade e da área líquida. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 13281**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 13528**: revestimentos de paredes e tetos de argamassa inorgânica – determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 13749**: revestimentos de paredes e tetos de argamassa inorgânica – especificação. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NM-ISO 9000**: normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade – diretrizes para seleção e uso. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NM-ISO 9001**: sistema de qualidade – modelo para a garantia da qualidade em projetos, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NM-ISO 9002**: sistemas de qualidade – modelo para a garantia da qualidade em produção, instalação e serviços associados. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NM-ISO 9003**: sistemas de qualidade – modelo para a garantia da qualidade em inspeção e ensaios finais. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **NM-ISO 9004**: gestão da qualidade e elementos do sistema da qualidade – diretrizes. Rio de Janeiro, 1997.

BARROS, M.M.S.B. Metodologia para implantação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifício, 1996. 265 p. Tese (Doutorado) – Poli, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRASIL. Ministério da Justiça. Lei nº 8078, de 11 e setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras procedências. Código de Defesa do Consumidor (CDC). Diário Oficial da União, Brasília, 12 de setembro de 1990.

_____. Ministério da Justiça e Ministério da Economia. Decreto nº 99.675, de 9 de novembro de 1995. Subprograma setorial da qualidade e produtividade – setor: construção civil e edificações. Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP). **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 de novembro de 1995.

_____. Ministério do Trabalho. Lei nº 6514, de 22 de dezembro de 1977. Norma Regulamentadora n.18 – Condições e meio ambiente do trabalho na indústria da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de dezembro de 1977.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C270**: specification for mortar for unit masonry. Philadelphia, 2003. 13p.

_____. **ASTM C1019**: method of sampling and testing grout. Philadelphia, 2003. 5p.

ARCO – ASSESSORIA EM RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA. **Procedimento para reparos de paredes internas de áreas secas**. Procedimentos internos. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 7184**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria – determinação da resistência à compressão – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 7477**: determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **NBR 8215**: prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – preparo e ensaio à compressão. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **NBR 8798**: execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1985.

_____. **NBR 10837**: cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 12117**: blocos vazados de concreto para alvenaria – retração por secagem. Rio de Janeiro, 1991.

BSI – BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 5628**: code of practice for use of masonry – part 1: structural use of unreinforced masonry. part 2: structural use of reinforced and prestressed masonry. part 3: materials and components, design and workmanship. London, 1992.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES (CTE). **Padronização de empresas**. Texto para discussão interna. São Paulo, 1992.

CONSEIL INTERNATIONAL DU BÂTIMENT. **The performance concept and its terminology**. Paris, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 1975. (CIB Report n. 32).

CONSTRUÇÃO MERCADO. Custos Unitários Pini de Edificações. **10 Propostas para a Construção**. São Paulo, Out. 2003, nº 27, p.90.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Constructability: a primer**. Austin, 1986. (CII publication 3-1).

DIAS, S.R.B.M.. **Formulação de uma proposta para controle do processo e do recebimento de serviços na construção**. 1990. Dissertação (Mestrado) – Poli, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ESCRIVÃO FILHO, E. (Editor). **Gerenciamento da construção civil**. EESC / USP – Projeto Reenge. São Carlos, 1998. 256 p.

FARAH, M.F.S. Formas de racionalização do processo de produção na indústria da construção. **Revista Construção**, São Paulo, v.44, n. 2294, p.21-24, jan. 1992.

FRANCO, L.S.. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural**. 1992. 319 p. Tese (Doutorado) – Poli, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GAIOFATTO, R. **Alvenaria estrutural – novas tendências técnicas e de mercado**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Interciência – Senai, 2002. p.19-25.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Construção Habitacional**. São Paulo, 1988.

INTEGRAÇÃO de experiências: marco de Modernidade. **Revista Construção**, São Paulo, v. 42, n. 2192, p. 16-17, fev. 1990.

JURAN, J.M.; GRZYNA, F.M. **Juran controle de qualidade handbook – conceitos, políticas e filosofia da qualidade**. São Paulo, Makron, 1991.

LOURDES, W. Metal popular: construção metálica ganha espaço na área residencial. **Revista Construção**, São Paulo, v. 43, n. 2231, p. 16, nov. 1990.

MESSEGUER, A. G. **Garantia de calidad em construcción**. Agrupacion Nacional de Constructores de Obras. Madrid, 1989.

NETTO, A.V. **Como gerenciar construções**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Pini, 1988. 119 p.

O'CONNOR, J.T.; DAVIES, V.S. Constructability improvement during field operations. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 114, n. 4, p 548-564, Dec. 1988.

O'CONNOR, J.T.; TUCKER, R.L. Industrial project constructability improvement. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.112, n.1, p. 69-82. mar. 1986.

PRUDÊNCIO JR, L.R.; OLIVEIRA, A.L.; BEDIN, C.A. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Florianópolis: Associação Brasileira e Cimento Portland, 2002. 208 p.

ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo: FAU, Universidade de São Paulo, 1980.

ROUNDS, J.L.; CHI, N.Y. Total quality management for construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.111, n.2, p-117-128, Jun. 1985.

SABBATINI, F.H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente**. Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, 1998.

_____. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcárea**. 1984. Dissertação (Mestrado) – Poli, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. Tese (Doutorado) – Poli, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. **Alvenaria estrutural – materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**. Requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal. Brasília, Maio 2002. 36 p.

SILVA, DENISE ANTUNES DA. **Levantamento de problemas em fundações correntes no Estado do Rio Grande do Sul**. 1993. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SOUZA et al. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Pini, 1995. 247 p.

SOUZA, M. Visto de entrada: Método fecha acordo tecnológico com a canadense Magil. **Revista Construção**, São Paulo, v. 43, n. 2216, p. 4-5, jul. 1990.

TATUM, C.B. Improving constructibility during conceptual planning. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n. 2, p. 191-207, June 1987.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Pini, Sinduscon, 1998. 628 p.

