



UNISINOS

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS  
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DIRETRIZES PARA MELHORIAS NA PRODUÇÃO DE ESTRUTURA DE  
CONCRETO VISANDO À REDUÇÃO DE PERDAS: ESTUDO DE CASO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

JOSÉ RICARDO GONÇALVES NEVES

SÃO LEOPOLDO  
2009



**UNISINOS**

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS  
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ RICARDO GONÇALVES NEVES

**DIRETRIZES PARA MELHORIAS NA PRODUÇÃO DE ESTRUTURA DE  
CONCRETO VISANDO À REDUÇÃO DE PERDAS: ESTUDO DE CASO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Civil da UNISINOS  
como requisito parcial para obtenção do grau  
de Mestre em Engenharia Civil

**Orientadora: Prof. Dra. Marlova Piva Kulakowski**  
**Co-orientadora: Prof. Dra. Andrea Parisi Kern**

SÃO LEOPOLDO  
2009

N518d Neves, José Ricardo Gonçalves.  
Diretrizes para melhorias na produção de estrutura de concreto visando à redução de perdas : estudo de caso / José Ricardo Gonçalves Neves. – 2009.  
128 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2009.  
“Orientadora: Prof. Dra. Marlova Piva Kulakowski ; Co-orientadora: Prof. Dra. Andrea Parisi Kern”.

1. Construção civil. 2. Modelo de informação da construção. 3. Tecnologia da informação. 4. Construção civil – Estimativas. 5. Administração de projetos. 6. Indústria de construção civil – Administração. I. Título.

CDD-690  
CDU-69

Catálogo na publicação: Bibliotecário Flávio Nunes, CRB 10/1298



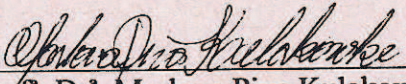
## TERMO DE APROVAÇÃO

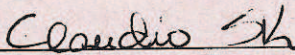
### DIRETRIZES PARA MELHORIAS NA PRODUÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO VISANDO A REDUÇÃO DE PERDAS: UM ESTUDO DE CASO.

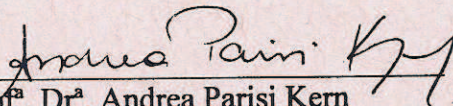
**José Ricardo Gonçalves Neves**

Esta Dissertação de Mestrado foi julgada e aprovada pela banca examinadora no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UNISINOS como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL.

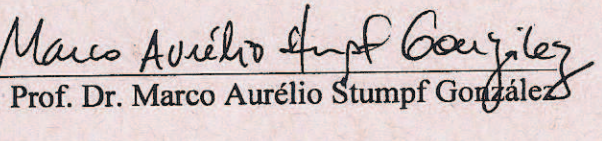
Aprovado por:

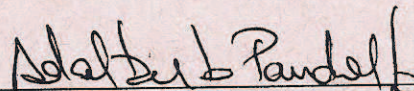
  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Marlova Piva Kulakowski  
Orientadora

  
Prof. Dr. Claudio de Souza Kazmierczak  
Coordenador do PPGEC/UNISINOS

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Andrea Parisi Kern  
Co-orientadora

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. Marco Aurélio Stumpf González

  
Prof. Dr. Adalberto Pandolfo



*"A utopia está lá no horizonte. Me aproximo dois passos, ela se afasta dois passos. Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos. Por mais que eu caminhe, jamais alcançarei. Para que serve a utopia? Serve para isso: para que eu não deixe de caminhar".*

*Eduardo Galeano*

*À minha família,  
em especial à minha linda esposa Lígia,  
filhos e aos meus pais.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Na conclusão de mais uma importante etapa de aprendizado profissional e crescimento como ser humano, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho.*

*Primeiramente à professora Marlova Piva Kulakowski, pela sua dedicação e paciência no exercício da orientação deste trabalho e pela forma atenciosa e amiga com a qual conduz seus orientados.*

*À professora Andrea Parisi Kern, pela sua determinação, incentivo e confiança durante o desenvolvimento deste trabalho.*

*Em especial aos professores Claudio de Souza Kazmierczak e Marco Aurélio Stunpf González, pelo apoio incondicional e fundamentais contribuições na fase da qualificação.*

*A minha família, na pessoa da minha companheira Lígia, que soube compreender os momentos de ausência sempre demonstrando apoio irrestrito e muito carinho nesta caminhada.*

*Aos meus filhos Yuri, Andrey, Annya e Yago, pela torcida e o carinho.*

*Ao meu pai inspirador e aguerrido na militância do urbanismo, também arquiteto urbanista, Jorge Neves, e a minha motivadora mãe, que apesar da distância, sempre estiveram manifestando apoio e dedicação.*

*À UNISINOS, através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) bem como a todos os funcionários e professores pelo esforço e competência.*

*Aos órgãos financiadores, CAPES e CNPq, cujos recursos possibilitaram a consecução deste e de muitos outros trabalhos, que de maneira democrática e crescente, vem possibilitando o desenvolvimento de pesquisas na comunidade científica do Brasil.*

*À Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que através da Comunidade da Construção, com o Programa de Melhores Práticas motiva o desenvolvimento de pesquisas na Indústria da Construção Civil.*

*Aos colegas do Mestrado em Engenharia Civil da UNISINOS, Aldrim, Amanda, Camila, Emerson, Jeferson, Karina, Marcelo Caetano, Peruzatto, Marcelo Grub, Marília, Rossana, Aline, Ana Paula, Déri, Fabiane, Laila, Lisiane, Felipe, Mariana, Queli e Roger pelo companheirismo, espírito de equipe e pela amizade que se iniciou de forma descomprometida.*

*Ao amigo Carlos Alessandro e outros colegas de profissão que souberam compreender a importância desta caminhada.*

*Aos amigos e colegas Paulo Carlotto e Anna Matzenauer pela sua colaboração e apoio nas tecnologias da informática.*

*À empresa incorporadora e construtora deste estudo de caso.*

*À Deus, que através da magia da nossa existência, possibilita à todos nós a divina oportunidade de convivência e evolução humana.*



## SUMÁRIO

---

AGRADECIMENTOS	I
SUMÁRIO	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XIII
RESUMO	XIV
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	16
1.1 Justificativa	16
1.2 Objetivo Geral	23
1.3 Objetivos Específicos	23
1.4 Delimitação	23
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	24
2.1 Resíduos da Construção Civil	24
2.2 Perdas na Construção Civil	29
2.3 Sistema de Fôrmas	37
2.4 Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e Building Information Modeling (BIM)	40
2.5 Legislação	46
<b>3. MÉTODO DE PESQUISA</b>	51
3.1 Etapa 01 - Análise dos projetos, documentação, fluxo de informação e processo de execução da estrutura de concreto identificando subprocessos envolvidos	57
3.2 Etapa 02 - Classificação dos tipos de perdas	59
3.3 Etapa 03 - Identificação das perdas	60
3.3.1 Estrutura de concreto: prumadas das fachadas	61
3.3.2 Estrutura de concreto: esquadros interno	63
3.3.3 Perdas decorrentes de falhas na execução da estrutura de concreto	64
3.4 Etapa 04 Identificação de oportunidades de melhorias	65

<b>4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS</b>	66
4.1 Etapa 01 - Análise dos projetos e documentação.	66
4.1.1 Projeto Arquitetônico	66
4.1.2 Projeto de Paginação	69
4.1.3 Projeto Estrutural	72
4.1.4 Fluxo de Informação	77
4.1.5 Estrutura de Concreto	80
a. Alinhamento de Pilares de Borda da Edificação	80
b. Alinhamento de Pilares Internos da Edificação	82
c. Falhas de Concretagem	84
d. Fôrmas para Concreto	86
e. Alvenaria de Blocos Cerâmicos	88
f. Resíduos da Construção	90
4.2 Etapa 02 - Classificação dos tipos de perdas	93
4.2.1 Desperdício por fabricação de produtos defeituosos	93
4.2.1.1 Perdas com incorporação de concreto	94
4.2.1.2 Perdas com incorporação de material extra	95
4.2.1.3 Perdas por retrabalho	97
4.3 Etapa 03 - Identificação das perdas	99
4.3.1 Estrutura de concreto: prumadas das fachadas	99
4.3.2 Estrutura de concreto: esquadros internos	102
4.3.3 Perdas decorrentes de incompatibilidade de projetos	104
4.4 Etapa 4 Propor oportunidades de melhorias no processo estudado	105
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	107
5.1 Sugestões para trabalhos futuros	109
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	110
<b>ANEXOS</b>	115

## LISTA DE FIGURAS

---

FIGURA 01: Composição média aproximada do RCD	29
FIGURA 02: Perdas observadas	33
FIGURA 03: Processo construtivo na construção civil	36
FIGURA 04: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo do processo de desenvolvimento do produto	41
FIGURA 05: Workflow do Projeto Convencional	43
FIGURA 06: Workflow do Projeto com BIM	44
FIGURA 07: Representação gráfica da comparação do projeto com CAD e com BIM	45
FIGURA 08: Planta Baixa do Pavimento Tipo (Lajes) – s/escala	52
FIGURA 09: (A) Montagem Laje protendida com cubetas. (B) Formas de Vigas e Pilares em compensado resinado	54
FIGURA 10: (A) Fôrma Metálica nas sacadas em curvas. (B) Escoramento Metálico	54
FIGURA 11: Blocos Cerâmicos	55
FIGURA 12: (A) Blocos cerâmicos armazenados em “pallets.” (B) Início das alvenarias	55
FIGURA 13: Delineamento da Pesquisa	56
FIGURA 14: Planta Baixa do Pavimento Tipo com Pontos de Controle de conferência de prumo – s/escala	61
FIGURA 15: Corte Esquemático de Conferência do Prumo – s/escala	62
FIGURA 16: Planta Baixa do Pavimento Tipo com Pontos de Controle de conferência do esquadro interno – sem escala	63
FIGURA 17: Planta Baixa do Projeto Estrutural do Pavimento Tipo com detalhe – s/escala	67
FIGURA 18: (A) Fachada Plana. (B) Sacadas em Curva	68
FIGURA 19: Alvenaria com Blocos Cerâmicos	69
FIGURA 20: Detalhes do Projeto de Paginação da Alvenaria – s/escala	71
FIGURA 21: (A) Gola da porta de entrada principal. (B) Alvenaria da área de serviço	72

FIGURA 22: (A) Vista Geral externa da Estrutura. (B) Detalhe da Escada pré-fabricada	73
FIGURA 23: Detalhe Projeto Estrutural – sem escala	74
FIGURA 24: (A) Foto da Viga e Pilar do elevador. (B) Simulação 3D do detalhe (A)	75
FIGURA 25: Foto da hall de entrada dos apartamentos tipo	76
FIGURA 26: (A) P15 com falhas. (B) Fôrmas do P9 e P15	77
FIGURA 27: (A) Escoramento Metálico. (B) Falha Geometria da Fôrma da Laje. (C) Falha locação Pilar. (D) Falha Locação Pilar. (E) Escarificação por deformação da Fôrma	82
FIGURA 28: – (A) Conferencia de prumo do Pilar. (B) Fôrmas do Pilar. (C) Deformação na Geometria do Pilar. D) Falhas concretagem Pilar. (E) Prumo Laser	84
FIGURA 29: (A) Falhas na concretagem. (B) Desnível na face do Pilar. (C) Falha na locação. (D) Falha na face do Pilar. (D) Montagem Fôrmas	85
FIGURA 30: (A) Fôrmas sem Paginação. (B) Desgaste das Fôrmas. (C) Fôrma Metálica	86
FIGURA 31: (A) Prumo tradicional de peso. (B) Conferência de prumos. (C) Prumo Laser	87
FIGURA 32: (A) Fôrmas desgastadas. (B) Fôrmas emendadas	88
FIGURA 33: (A) Alvenaria de Blocos a 45°. (B) Junção da alvenaria de Blocos com Viga. (C) Gola porta a 45°. (D) Incompatibilização da alvenaria e instalações	89
FIGURA 34: (A) Descarga dos Resíduos de desfôrma. (B) Acondicionamento dos Resíduos para retirada da obra	91
FIGURA 35: A) Depósito de Madeiras para reuso, (B) Depósito de Madeira para retirada do canteiro	92
FIGURA 36: (A) e (B) Escarificação em Pilares	92
FIGURA 37: (A) e (B) Perdas com incorporação de concreto	94
FIGURA 38: (A) Falha no Alinhamento. (B) Falha na locação	95
FIGURA 39: Deformação na Geometria do P26	96

FIGURA 40: (A) Fôrma não compatível com o projeto de fôrmas. (B) Deformação na fôrma = corte para retirada de concreto excedente. (C) Desnível na superfície do Pilar e Viga com alvenaria de bloco na caixa de escada. (D) Deformação na fôrma = preenchimento para regularizar superfície do pilar	98
FIGURA 41: Planta Baixa – pontos de controle de prumo – sem escala	100
FIGURA 42: Planta Baixa – pontos de controle do esquadro interno – sem escala	102
FIGURA 43: (A) Vista Fachada Leste. (B) Vista Fachada Oeste	115
FIGURA 44: Planta Baixa do Pavimento Tipo (Decorada) – s/escala	116
FIGURA 45: (A) Hall de Entrada no Térreo. (B) Salão Fitness. (C) Salão de Jogos	117
FIGURA 46: (A) Sala de Estar. (B) Sacada	117



## LISTA DE TABELAS

---

TABELA 01: Produção mundial de cimento	18
TABELA 02: Taxas de desperdício de materiais	28
TABELA 03: Resolução CONAMA N° 307/2002	48
TABELA 04: Resumo estimado de materiais por pavimento	53
TABELA 05: Acréscimo de revestimento argamassado nas fachadas	101
TABELA 06: Acréscimo de revestimento argamassado interno	103

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AGC	Associated General Contractors of American
AIA	American Institute of Architects
ASCE	American Society of Civil Engineers
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer-Aided Design
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EUA	Estados Unidos da America
E.P.A.	Agência de Proteção Ambiental dos EUA
GSA	General Services Administration
ISO	International Standards Organization
QUALIHAB	Programa da Qualidade da Construção Habitacional do Estado de São Paulo
MPa	Megapascal - unidade de medida de pressão
NBR	Norma Brasileira Registrada
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
SNIC	Sindicato Nacional da Indústria da Construção Civil
SIQ-C	Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SWANA	The Solid Waste Association of North America
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

## RESUMO

---

A urbanização acelerada e o adensamento do território urbano provocam o acréscimo no volume de construções nos grandes centros urbanos e em suas respectivas regiões metropolitanas. Esta condição, aliada aos constantes incentivos a financiamentos da construção civil, motiva o mercado imobiliário acionando seus agentes no sentido de atender esta crescente demanda. Empresas construtoras, incorporadoras, profissionais liberais, entidades de pesquisa, universidades, entre outros agentes do processo, buscam atender as demandas revendo práticas a muito utilizadas nas obras com o objetivo de se tornarem mais competitivas no setor. Nos últimos anos, um grande número de construtoras aderiu a programas de melhorias com o objetivo de alcançar padrões mais elevados de desempenho. A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), através da Comunidade da Construção, desenvolve Programas de Melhores Práticas com entidades de ensinos e empresas construtoras. Esta pesquisa foi realizada utilizando como objeto de estudo uma obra no Vale dos Sinos de uma empresa construtora integrante deste programa, que tem detectado em suas obras algumas distorções relacionadas ao uso anormal de materiais, muito além da quantidade projetada e orçada. O objetivo geral foi propor diretrizes para melhorias na produção de estruturas de concreto visando redução de perdas. Para isso, foram analisados o processo e subprocessos de execução de estrutura de concreto, identificadas e classificadas as perdas presentes no processo bem como as perdas decorrentes da execução de estrutura de concreto, identificando suas origens e consequências. A utilização de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) com a ferramenta Building Information Modeling (BIM) neste trabalho, apresentou situações de problemas de projeto de poderiam ser evitadas com o uso dos recursos e potenciais de BIM.

**Palavras-chave:** construção civil; perdas; gestão, controle de projetos, TIC e BIM.

Rapid urbanization and densification of urban territory cause the increase in the volume of buildings in large cities and their respective metropolitan areas. This condition, coupled with the constant incentives to finance the construction, motivates the housing market triggering agents in order to meet this growing demand. Construction companies, developers, professionals, research institutions, universities and other agents of the process, seek to meet the demands reviewing practices widely used in the works in order to become more competitive in the industry. In recent years, a large number of builders joined the program of improvements in order to achieve higher standards of performance. The Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), through the Community Building\*, develops programs Best Practices with entities teachings and construction companies. This research was carried out using as an object of study work in the Valley of the Bells of a construction company of this program, which has found in his works some distortions related to the use of unusual materials, more than the amount projected and budgeted. The overall objective was to propose guidelines for improvements in the production of concrete structures in order to reduce losses. For this purpose, the sub-process and the implementation of concrete structure, identified and classified the losses present in the process as well as losses resulting from implementation of the concrete structure, identifying its origins and consequences. The use of Information Technology and Communication Technology (ICT) with the tool Building Information Modeling (BIM) in this study, presented situations of design problems could be avoided with the use of resources and potential of BIM.

Keywords: construction; losses, management, project control, ICT and BIM.

---

\*Community Building is a program of improvements initiated by the ABCP in 2002, has 17 poles implanted in the country, comprising about 200 construction companies, 15 educational institutions, about 20 organizations representing builders, architects and engineers, and various industries and entities and business training.

### 1.1 Justificativa

A agenda ambiental estabelece grandes motivações para o desenvolvimento de estudos e pesquisas científicas em várias áreas da tecnologia. A crescente emissão de CO<sub>2</sub> decorrente de processos industriais é frequentemente atribuída ao setor da construção civil. Isto se deve ao fato da atividade de construção civil estar identificada como um dos setores que mais consome recursos naturais.

Este segmento da indústria também se caracteriza como uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento econômico e social, apresentando-se desta forma como um setor de grande importância para atender as políticas públicas nas questões de geração de emprego e renda da nossa sociedade. Por outro lado, apresenta-se como grande gerador de impactos ambientais, devido ao enorme consumo de recursos naturais para a produção de matéria-prima; devido à geração de resíduos nas construções, reformas e demolições; bem como devido à grande participação na modificação do ambiente natural e construído, sendo um protagonista da transformação da paisagem urbana.

A construção civil é uma atividade econômica e produtiva diretamente relacionada com as questões de caráter sócio-econômico, como a geração de emprego e renda. Torna-se um setor produtivo de grande interesse público, à medida que está diretamente relacionado a novos programas habitacionais, bem como a programas de implantação e recuperação de infra-estrutura de âmbitos Federal, Estadual e Municipal das administrações públicas, o que explica o constante crescimento desta atividade.

Conciliar uma atividade produtiva dessa magnitude com as adequadas condições que conduzam a um desenvolvimento sustentável consciente, menos agressivo ao meio ambiente parece ser o maior desafio para seus



agentes (PINTO, 2005).

Considerando os impactos ao meio ambiente, a possibilidade do esgotamento dos recursos naturais e os possíveis prejuízos à saúde pública, o gerenciamento do crescente volume de resíduos sólidos gerados tende a ser um dos principais problemas mundiais (LINHARES *et al.*, 2007). Neste contexto, a indústria da construção civil, identificada como um setor de grande geração de resíduos sólidos, se apresenta como uma atividade econômica de grande responsabilidade ambiental (JOHN, 2000; PINTO, 1999).

Para tentar dimensionar essa responsabilidade ambiental do setor da construção civil, estima-se que entre 40% e 75% das matérias-primas extraídas da natureza são transformados em materiais de construção, levando em consideração o país e seu nível de atividade econômica (JOHN, 2000).

No conjunto de insumos da indústria da construção, o concreto é item básico na construção, estando presente nas mais simples construções, desde uma simples fundação, ou mesmo mais complexas obras de edificações e infraestrutura de engenharia e urbanismo. Segundo Mehta e Monteiro (1994), o concreto é o segundo bem de consumo mais utilizado pelo homem no mundo, perdendo apenas para a água.

Retomando ao enfoque ambiental, o grande volume de concreto utilizado e conseqüentemente os resíduos oriundos da sua produção, especialmente aqueles gerados nas reformas e demolições, alertam para a recorrente problemática da sustentabilidade, remetendo para busca de soluções alternativas que abasteçam o segmento da indústria da construção e atendendo as propostas dos projetos arquitetônicos e a boa técnica.

Conforme os dados do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento – SNIC (Tabela 01), em 2006 a produção mundial de cimento foi de 2 bilhões e 564 milhões de toneladas e a produção nacional de cimento em 2006 foi de 42,4 milhões de toneladas (SNIC, 2007).

Tabela 01 – Produção mundial de cimento (milhões de toneladas)

Colocação	País	Ano						
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006*
1º	China	586,4	627,3	704,2	813,6	934,7	1.030,6	1.220,8
2º	Índia	101,8	103,7	110,1	124,5	136,9	144,1	162,0
3º	Estados Unidos	87,8	88,9	89,7	92,3	97,4	99,4	98,2
4º	Japão	85,9	79,5	76,4	73,9	72,4	72,7	73,2
5º	Rússia	33,0	35,9	40,1	42,6	46,2	49,5	55,2
6º	Espanha	38,2	40,5	42,4	44,8	46,6	50,3	54,0
7º	Coréia do Sul	52,2	53,7	56,4	59,7	55,8	49,1	49,4
8º	Turquia	38,1	33,4	37,2	38,1	41,3	45,6	49,0
9º	Itália	39,0	39,9	41,5	43,5	46,1	46,4	47,9
10º	Brasil**	39,9	39,7	39,1	35,5	36,5	39,2	42,4
11º	Tailândia	31,7	35,0	38,8	35,6	36,7	37,8	41,3
12º	México	32,1	30,3	31,3	31,9	33,4	35,4	38,4
13º	Indonésia	31,3	34,8	35,1	34,9	37,9	36,2	38,1
14º	Egito	20,4	26,2	26,3	32,5	32,5	35,0	37,0
15º	Irã	24,7	28,2	28,9	30,5	32,3	32,7	35,3
Total Mundial		1.648,9	1.698,8	1.815,7	1.970,2	2.149,6	2.292,5	2.564,5

(\*) Dados Preliminares

(\*\*) Produção Ajustada.

Obs.: Classificação pela produção do ano 2006; Incluída na produção a exportação de clínquer  
Fonte: SNIC 2007.

Neste contexto, observam-se dois fenômenos bem distintos que se relacionam diretamente com a sustentabilidade ambiental. O primeiro refere-se ao crescente aumento nas emissões de CO<sub>2</sub> vinculado à produção de cimento que abastece a indústria da construção civil, e o segundo refere-se à busca na redução da geração dos resíduos oriundos do setor da construção civil, no caso pesquisado, as perdas e desperdícios relativas à produção de estruturas de concreto.

Na construção civil o conceito de perdas é frequentemente relacionado aos desperdícios de materiais. Entretanto, deve-se entender que as perdas no processo de construção civil também ocorrem por atividades que reflitam em ineficiência no uso de equipamentos e mão-de-obra, provocando retrabalhos

ou mesmo o uso de materiais acima das quantidades previstas em orçamento (JOHN, 2000).

Segundo Soibelman (1993), as empresas de construção civil precisam desenvolver e implementar sistemas de controle de materiais que auxiliem a gestão de suas obras. Estas ações devem criar condições para que o resultado econômico da obra seja compatível com o planejado, além do sistema funcionar como acervo de informações para obras futuras.

Praticamente todos os setores da economia mundial têm buscado o aumento da produtividade e qualidade de seus produtos. Com a indústria da construção civil não é diferente, seja na adoção de sistemas de controles de Qualidade, (séries NBR/ISO 9000), Gestão Ambiental (séries NBR/ISO 14040), a partir de outros sistemas de qualificação evolutiva, (Qualihab, SIQ-C), ou mesmo através de ferramentas de otimização de processos e redução de perdas e desperdícios como a Filosofia Enxuta (CARDOSO *et. al.*, 1999; PROGRAMA QUALIHAB, 2000).

O produto final na construção civil é único e normalmente necessita de um longo tempo de maturação. O que o diferencia dos demais produtos da indústria de manufatura, além de possuir outra característica fundamental, é o fato de ser fabricado no próprio local de entrega, portanto, bastante vulnerável às condições climáticas. A essas características distintas, soma-se a peculiaridade da variabilidade dos empreendimentos no que diz respeito ao programa de necessidades e complexidades dos projetos arquitetônicos (KERN, 2005).

O seguimento de edificações da indústria da construção apresenta particularidades singulares. Tais particularidades determinam alguns obstáculos dificultadores para a utilização de máquinas e equipamentos nos canteiros de obras. Estas características como a falta de homogeneidade e não seriação de produção devido à singularidade do produto, feito sob encomenda; as condicionantes climáticas no processo construtivo, o período de construção relativamente longo; a complexa rede dos agentes do processo (usuários,

clientes, projetistas, financiadores, construtores); a grande divisão da produção em etapas ou fases, imprimindo uma dinâmica focada no princípio seqüencial e não de simultaneidade; o comprometimento da responsabilidade entre várias empresas, onde a subcontratação é comum; a mobilidade da mão-de-obra; além da característica nômade do setor; o caráter semi-artesanal do processo construtivo (COLOMBO e BAZZO, 2001).

Na indústria da construção civil, o desenvolvimento de novas técnicas e o avanço das tecnologias de fôrmas para a execução de estrutura de concreto, tem permitido a execução de obras com menor prazo e com alto padrão de acabamento. Cada vez mais se observa o emprego de fôrmas metálicas, que podem ser articuláveis, obtendo maior possibilidade de variação dimensional e possuem maior durabilidade (FREIRE *et al.*, 2001).

Em um edifício, a estrutura de concreto é a etapa onde se tem uma maior busca pela modulação e otimização de seu processo construtivo. Conforme Fajersztajn (1987), existe no Brasil uma grande tradição no uso do concreto armado para a execução da superestrutura das edificações, tornando este material bastante usual, tanto em construções habitacionais mais simples, quanto em obras mais complexas. Assim, o processo de concretagem representa um ponto de grande relevância na execução de uma obra.

As fôrmas para execução da estrutura de concreto em edifícios tem sido objeto de estudo de muitos autores (ARAÚJO, 2000; SOUZA, 1996; CRISTIANI, 1995; HURD, 1995; MASCARENHAS, 1993; PETERS, 1991; ALDANA, 1991; MOLITERNO, 1989; FAJERSZTAJN, 1987; PFEIL, 1987; RICHARDSON, 1986; RICOUARD, 1980), demonstrando a sua grande importância para o setor da construção civil, tanto no Brasil quanto no exterior. Nova técnica tem sido bastante desenvolvida, sendo as empresas de construção civil que tem como foco as edificações verticais, as principais investidoras nas novas técnicas e tecnologias construtivas para lhes garantir um melhor desempenho na obra no que se referem ao binômio qualidade e custo.

Diferentes estudos demonstram que a superestrutura representa em torno de 20% do custo total da construção de edifícios habitacionais e/ou comerciais, estando assim em primeiro lugar na curva ABC de serviços (REVISTA CONSTRUÇÃO, 2000; SOUZA, 1996b; FAJERSZTAJN, 1987).

A falta de controle ou mesmo o controle ineficiente na montagem de fôrmas leva a distorções na geometria da estrutura de concreto armado e conseqüentemente surge a necessidade de correções nas alvenarias e nos revestimentos. Por sua vez, estas correções normalmente implicam em perdas incorporadas, geração de resíduos, retrabalhos e aplicação de materiais extra-orçamento.

O projeto de edificações pode ser considerado como uma tarefa complexa. Por sua natureza, o projeto é um processo criativo no quais os problemas e soluções emergem simultaneamente. O projeto requer a identificação e a ponderação de diferentes necessidades, requisitos e desejos dos usuários, os quais necessitam ser adequadamente traduzidos para a linguagem da construção para então serem incorporados ao produto final. O projeto como uma atividade multidisciplinar, tem uma influência significativa nos outros processos, bem como no produto final, em termos de qualidade e valor (FLORIO, 2007; KOSKELA, 2000; MACMILLAN, 2003; TZORTZOPOULOS *et al.*, 2001).

As maneiras como os diferentes participantes interagem é crucial para o desempenho do processo, especialmente em termos de como estes agentes se comunicam e como tomam decisões (LAWSON, 1998). Entretanto, restrições de tempo e comunicação inadequada entre clientes, arquitetos e os projetistas têm influência negativa na qualidade do projeto. Outro problema é a falta de colaboração com a adoção de um modelo hierárquico (FLORIO, 2007; KAMARA *et al.*, 2000; LUCK *and* MCDONNELL, 2006).

O emprego de ferramentas de projeto e de Tecnologia de Informação e Comunicação - TIC - pode otimizar as etapas de concepção, documentação e compatibilização dos diversos sistemas que compõem uma edificação e, em



um primeiro momento, contribuir de forma significativa para a racionalização e diminuição de perdas do processo construtivo.

Neste sentido, as TIC podem contribuir através do aperfeiçoamento da gestão do processo de projeto. Neste contexto, tem sido proposto o uso de Building Information Modeling - BIM - (EASTMAN *et al.*, 2008). BIM é um processo integrado de gerenciamento da informação da construção.

Os profissionais dos setores de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) podem criar um modelo da construção, no qual a informação é digital e coordenada. Podem utilizar os recursos dos pacotes BIM para visualização, simulação e análise de desempenho, aparência e custos. Com estes recursos, o processo de projeto pode tornar-se mais confiável, rápido e de menor custo (EASTMAN *et al.*, 2008).

O conceito BIM tende a revolucionar os processos envolvidos em uma obra. Esta nova ferramenta vem reivindicando as áreas de gestão de projetos através da construção de modelos tridimensionais, parametrizados e orientados a objetos, ou seja, os elementos de desenho como porta, pisos, estruturas entre outros, fazem parte da hierarquia de grupos com propriedades individuais.

## **1.2 OBJETIVO GERAL**

Propor diretrizes para melhorias na produção de estrutura de concreto visando à redução de perdas em um edifício residencial.

## **1.3 Objetivos Específicos**

1. Analisar os projetos, documentação, fluxo de informação e o processo de execução da estrutura de concreto, identificando subprocessos envolvidos;
2. Classificar os tipos de perdas presentes no processo de execução da estrutura de concreto, identificando possíveis origens e consequências;
3. Identificar as perdas no decorrer do processo da execução da estrutura de concreto;
4. Propor oportunidades de melhorias no processo estudado.

## **1.4 Delimitação**

A pesquisa tem como delimitador um único objeto de estudo de uma obra localizada em uma cidade da Região Metropolitana de Porto Alegre, Novo Hamburgo. A obra é um edifício residencial vertical de padrão imobiliário elevado, direcionado para a classe média alta.

Uma característica marcante e incomum deste edifício é a possibilidade dos proprietários dos apartamentos poderem realizar a customização nas dependências de uso privado.

### 2.1 Resíduos da Construção Civil

O desenvolvimento econômico na origem da sociedade industrial tem representado a transformação da natureza no sentido de melhoria de qualidade de vida para uma determinada parcela da população. Neste contexto, a construção civil tem assumido na sociedade a responsabilidade de transformar o ambiente natural em ambiente construído, adequado ao desenvolvimento de diversas atividades (JOHN, 2000).

A urbanização acelerada, compreendida como um fenômeno inerente das cidades de grande e médio porte, tem provocado inúmeros problemas na destinação do volume de resíduos gerados pela indústria da construção civil, tanto na produção de novas edificações, reformas e demolições, bem como em obras de infra-estrutura urbana determinando aos administradores públicos que sejam adotadas medidas eficazes na questão do gerenciamento e destinação final desses resíduos (PINTO, 1999).

No Brasil, a problemática dos resíduos gerados em ambientes urbanos provoca problemas gravíssimos decorrentes das incipientes adoções de soluções aplicadas tanto para destinos de efluentes líquidos ou resíduos sólidos. Esta situação não deixa de ser um cenário típico de países em desenvolvimento, mas nem por isso deve permitir uma postura condescendente da sociedade (PINTO, 1999).

Em função das altas densidades demográficas e as exiguidades de espaços para a destinação final de resíduos sólidos, o Japão e os países europeus possuem políticas mais elaboradas e consolidadas, e também em função de suas elevadas industrializações e carência de recursos naturais, forma os pioneiros no desenvolvimento de soluções para a compreensão e controle dos Resíduos de Construção e Demolição - RCD (PINTO, 1999).

No Brasil, a resolução nº 307/2002, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. Constitui-se no início da instrumentalização de uma política de preservação e sustentabilidade ambiental para construção civil. Esta resolução responsabiliza os geradores de resíduos na questão da destinação final, na não geração de resíduos, na redução, na reutilização, e na reciclagem desses (BRASIL, 2002).

Os impactos ambientais causados pela falta de gerenciamento dos RCD, quando estes são dispostos de forma irregular em vias públicas, terrenos baldios, margens de rios, entre outros, vão desde problemas de saúde pública, até inundações e deslizamentos. Entretanto, além da deposição irregular, o significativo volume também gera problemas em sua disposição regular em aterros sanitários, que tem sua vida útil reduzida (LINHARES *et al.*,2007).

A reciclagem de materiais da construção civil deve ser subsidiada por um programa bem mais amplo, onde envolva além do processamento dos resíduos, a recuperação de áreas degradadas com limpeza; a implantação de áreas destinadas à recepção de materiais oriundos da construção civil, reduzindo a necessidade de áreas públicas usadas como aterro de materiais que podem ser reaproveitáveis; a renovação da fiscalização permitindo o envolvimento dos agentes pertencentes à problemática dos resíduos de construção e demolição (XAVIER e ROCHA, 2001).

A solução do problema do entulho através da reciclagem passa por algumas avaliações básicas, dentre elas:

1. verificação do volume gerado de entulho ou de controle da administração municipal;
2. identificação das características principais (composição e proporção dos componentes);
3. estabelecimento das áreas disponíveis para recolhimento de entulho e para suas aplicações;

4. inventário do potencial de industrialização dos materiais e agregados e de comercialização do refugo (madeira, metais, papel e plástico).

Segundo Pinto (1999), em países desenvolvidos também há dificuldades de caracterização dos resíduos. Relatórios da E.P.A. – Agência de Proteção Ambiental dos EUA apresentam enfoques diversificados: em 1986 foi estimada a geração anual de 31,5 milhões de toneladas de RCD nos EUA, já os relatórios de 1988, 1990, e 1992 não fazem referência aos RCD (The Solid Waste Association of North America – SWANA, 1993). Os RCD só voltaram a ser analisados no relatório de 1996 indicando uma estimativa de geração nacional de 136 milhões de toneladas provocando diversas reações pelo fato do relatório desconsiderar os resíduos gerados na construção e reparo de estradas e outras obras viárias.

Dentro do termo genérico resíduo de construção e demolição, materiais de diferentes origens e natureza podem ser identificados desta forma (PINTO, 1999):

- (a) solos;
- (b) rochas;
- (c) concreto, armado ou não;
- (d) argamassas a base de cimento e cal;
- (e) metais;
- (f) madeira;
- (g) plásticos diversos;
- (h) materiais betuminosos;
- (i) vidro;
- (j) gesso;
- (k) tintas e adesivos;
- (l) restos de embalagens;
- (m) resíduos de cerâmica vermelha, com tijolos e telhas;

(n) cerâmica branca, especialmente a de revestimento;

(o) cimento-amianto;

(p) produtos de limpeza de terrenos, entre outros, em proporções variáveis de acordo com a origem.

Na construção civil, os resíduos são comumente chamados de entulho, caliça ou metralha. São oriundos de construções, reformas, demolições e pequenos reparos bem como as sobras de escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concretos em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica e etc. (BRASIL, 2002).

Estes resíduos são geralmente enquadrados na classe II-B da norma NBR-10.004 (ABNT, 2004), em sua maior parte, materiais inertes, no entanto, passíveis de reaproveitamento ou reciclagem. Porém, alguns destes materiais podem conter componentes perigosos como restos de tintas, solventes, etc. (D'ALMEIDA e VILHENA, 2000).

A indústria da construção civil é caracterizada de forma geral como uma indústria de baixa produtividade, deficitária na organização da produção, incipiente na base técnica e imprevisibilidade de tempo e custos. O uso de máquinas e equipamentos nas obras esbarra em algumas particularidades do processo produtivo especialmente com relação ao caráter semi-artesanal da atividade desenvolvida e a baixa qualificação profissional (COLOMBO e BAZZO, 2001).

Na construção civil os resíduos gerados têm origens nos desperdícios e perdas em todas as etapas de construção em suas diversas fases: concepção (projeto), execução (construção) e utilização (habitar). Estas perdas e desperdícios na construção civil são comumente identificados quando acontecem diferenças entre a quantidade de material estimada em projeto e a quantidade realmente utilizada podendo ser divididos em dois grupos: os que saem das obras, entulhos, e os que ficam incorporadas à obra, por exemplo,

em sobre espessura de emboço (AGOPYAN *et al.*, 2003). Linhares, 2007 e outros autores estimam que cerca de 50% do desperdício são incorporados à própria obra, denominados perdas incorporadas, e outros 50% saem na forma de entulho.

A Tabela 02 apresenta as taxas de desperdício de acordo com os materiais utilizados em médias e grandes construções (ESPINELLI, 2005).

Tabela 02: Taxas de desperdício de materiais

Materiais	Taxa de desperdício (%)		
	Média	Mínimo	Máximo
Concreto usinado	9	2	23
Aço	11		16
Blocos e tijolos	13	3	48
Placas cerâmicas	14	2	50
Revestimento Têxtil	14	14	14
Eletrodutos	15	13	18
Tubos para sistemas prediais	15	8	56
Tintas	17	8	24
Condutores	27	14	35
Gesso	30	14	120

Fonte: Espinelli (2005).

Observam-se algumas grandes diferenças entre mínimo e máximo, revelando a variação das metodologias de projeto e execução e do controle de qualidade entre as obras.

O revestimento de gesso é o item de maior desperdício, e com maior variabilidade entre máximo e mínimo; a taxa mínima se refere a uma obra onde o revestimento de gesso foi aplicado em uma base revestida de argamassa, obtendo espessura do revestimento inferior à teoricamente recomendada (ESPINELLI, 2005).

O concreto usinado, com menor desperdício, está relacionado a variações entre as obras, principalmente no que se refere ao tipo de transporte utilizado, sistema de formas, obediência à geometria da estrutura prevista em projeto (ESPINELLI, 2005).

As atividades de reformas e ampliações são geralmente construções informais, ilegais e liberadas de licenciamento, representam isoladamente uma pequena



quantidade de RCD, porém a soma dessas quantidades resulta em grandes valores decorrentes da alta frequência de serviços (NUNES, 2004). Segundo Espinelli (2005), várias pesquisas realizadas com objetivo de identificar, caracterizar e dimensionar os RCD aponta para pequenas construções e reformas na realidade, representam o maior potencial gerador de entulho (Figura 01).

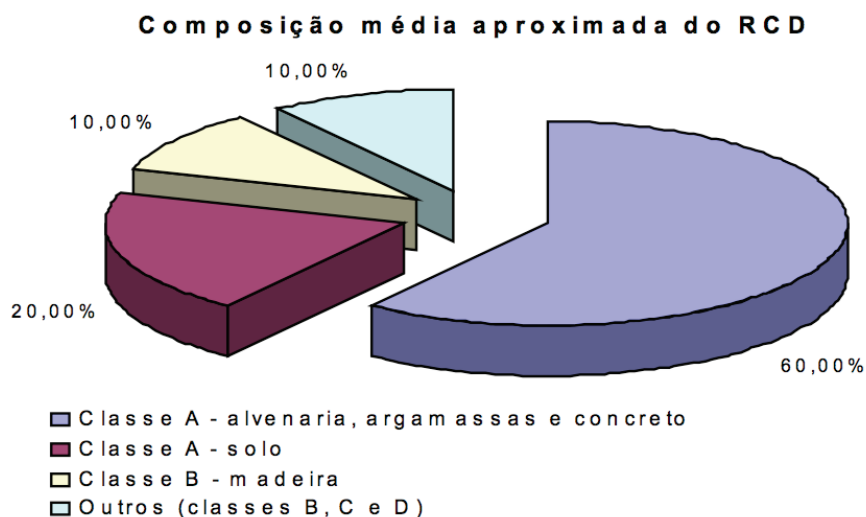


Figura 01 – Composição média aproximada do RCD (PINTO e GONZÁLES, 2005).

Assim sendo, é de suma relevância a preocupação da sociedade, em especial os agentes envolvidos na atividade da construção civil para a busca de alternativas e observância nas boas práticas na indústria bem como o acompanhamento e a utilização de novas tecnologias no sentido de minimização dos RCD.

## 2.2. Perdas na Construção Civil

A construção civil é uma atividade de produção que possui uma incontável variedade de subprocessos. Neste seguimento produtivo desenvolvem-se algumas atividades que são predominantemente executadas por máquinas de grande porte, caracterizadas por um alto grau de industrialização, claramente identificadas na produção de pré-fabricados de concreto e estruturas metálicas.

Há uma reconhecida necessidade de utilização de grandes equipamentos em várias fases do processo. Máquinas para mover grandes formas, movimentar, erguer e montar peças (estruturais). Neste segmento da construção, o desenvolvimento de novas técnicas e o avanço das tecnologias de fôrmas têm permitido a execução de obras com menor prazo e com alto padrão de acabamento. Cada vez mais, observa-se o emprego de formas metálicas, que podem ser articuláveis, obtendo maior variação dimensional e possuem maior durabilidade (FREIRE *et al.*, 2001).

No âmbito do edifício, a estrutura de concreto é a etapa onde se tem uma maior busca pela modulação e otimização de seu processo construtivo. Nesta etapa que serão aplicadas ou desenvolvidas todas as fases de montagem ou construção do volume do edifício. As empresas de construção civil que têm como foco de seu produto as edificações verticais são os grandes clientes de novas técnicas e tecnologias construtivas que lhes garantam um melhor desempenho na obra no que se refere diretamente a redução dos custos finais.

Segundo Soibelman (1993) pode ser aceitável admitir um determinado padrão de perdas, pois, para redução deste padrão são necessários investimentos que vão além dos valores do material economizado. Esta perda é chamada de perda natural que pode variar de obra pra obra e até mesmo, dependendo das características dos canteiros de obras, pode haver variação nestes padrões de perdas na mesma empresa.

Para Wyatt (1978) *apud* Soibelman, (1993), as perdas de materiais são classificadas em perdas dos tipos evitável e inevitável. Esta última, é simplesmente uma perda natural, já a perda evitável é decorrência do emprego inadequado desses materiais e dos componentes, ou mesmo por roubo, vandalismo, etc.

Os conceitos de perdas e desperdício são facilmente confundidos. Os dicionários da língua portuguesa definem desperdício como: **ato ou efeito de desperdiçar, gasto ou despesa inútil, esbanjamento**. Para perda, as

definições são: **ato ou efeito de perder, desaparecimento, extravio, privação de coisa que se possuía.**

Assim, é possível entender que o conceito de perdas é mais abrangente. Tomando com referência a classificação de Wyatt (1978) *apud* Soibelman, (1993), as perdas englobam tanto circunstâncias evitáveis como outras inevitáveis e os desperdícios limitam-se às situações que poderiam ser evitadas.

As perdas na construção têm origem em diferentes etapas do ciclo de vida de um edifício, não excluindo, por exemplo, a fase de planejamento, que em um determinado momento, poderá decidir pela construção de uma estrutura não necessária. Na fase inicial de elaboração dos projetos, a definição de uma alternativa de tecnologia inadequada ou mesmo o super dimensionamento de uma solução construtiva poderá provocar desperdícios e retrabalhos (JAQUES, 1998).

Normalmente, nem todos os materiais enviados para os canteiros de obra são usados para a finalidade a que foram encomendados e, geralmente, as obras frequentemente usam mais material do que realmente foi estimado no orçamento: ou os materiais são extraviados ou perdidos ou são utilizados de forma que não são previstos pelo orçamentista. Estas diferenças nunca são definidas claramente, são entendidas como “desperdício” (B.R.E., 1981).

Estas perdas e desperdícios ocorrem fisicamente nos canteiros de obras, mas, as responsabilidades podem ser distribuídas por todos os agentes do processo: projetistas, coordenadores de projetos, gestores de projetos, apontadores, compradores e assim por diante. Muitas dessas perdas estão longe do controle do construtor (B.R.E., 1981).

Algumas ações no canteiro de obras podem ampliar estas perdas e desperdícios. Estes fenômenos podem ser classificados em dois principais tipos, Direta e Indireta.

A perda Direta pode ser definida como a perda completa de materiais tais como quando são irreparavelmente danificados ou apenas perdidos no canteiro. Podem também ocorrer em cada fase de manipulação dos materiais, a principal fonte de perdas ocorre onde os materiais são armazenados e no local onde serão usados ou aplicados.

Por sua vez, a perda Indireta é aquela onde os materiais são usados para outros fins que não aqueles para que se destinaram no orçamento (usar tijolo a vista numa parede que vai ser rebocada) ou em quantidades maiores para ficar de acordo com normas de produção. É diferente da perda direta, porque os materiais não são perdidos fisicamente. Entretanto, há uma perda financeira e falha no reconhecimento e anotação destes desperdícios indiretos tornando o apontamento (controle) de materiais de baixa eficiência (B.R.E. 1981).

[.] **Direta:** é a perda completa de materiais tais como quando são irreparavelmente danificados ou apenas perdidos no canteiro. Podem também ocorrer em cada fase de manipulação dos materiais, a principal fonte de perdas é onde os materiais são armazenados e no local onde serão usados ou aplicados (B.R.E, 1981).

[...] **Indireta:** é aquela onde os materiais são usados para outros fins que não aqueles para que se destinaram no orçamento (usar tijolo a vista numa parede que vai ser rebocada) ou em quantidades maiores para ficar de acordo com normas de produção. É diferente da perda direta, porque os materiais não são perdidos fisicamente. Entretanto, há uma perda financeira e falha no reconhecimento e anotação destes desperdícios indiretos tornando o apontamento (controle) de materiais de baixa eficiência (B.R.E. 1981).

A Figura 02 apresenta o resultado de uma pesquisa realizada no Reino Unido em 1980 pela Building Research Establishment, Department of the

Environment, em construções tradicionais de residências dentro da faixa de valor de 50.000 libras a 1 milhão de libras, estando a maioria dos contratos entre 100.000 e 400.000 libras.

O resultado mostra que apesar da legislação estabelecer uma faixa admissível de perda/desperdício, os valores observados estão bem acima do permitido.

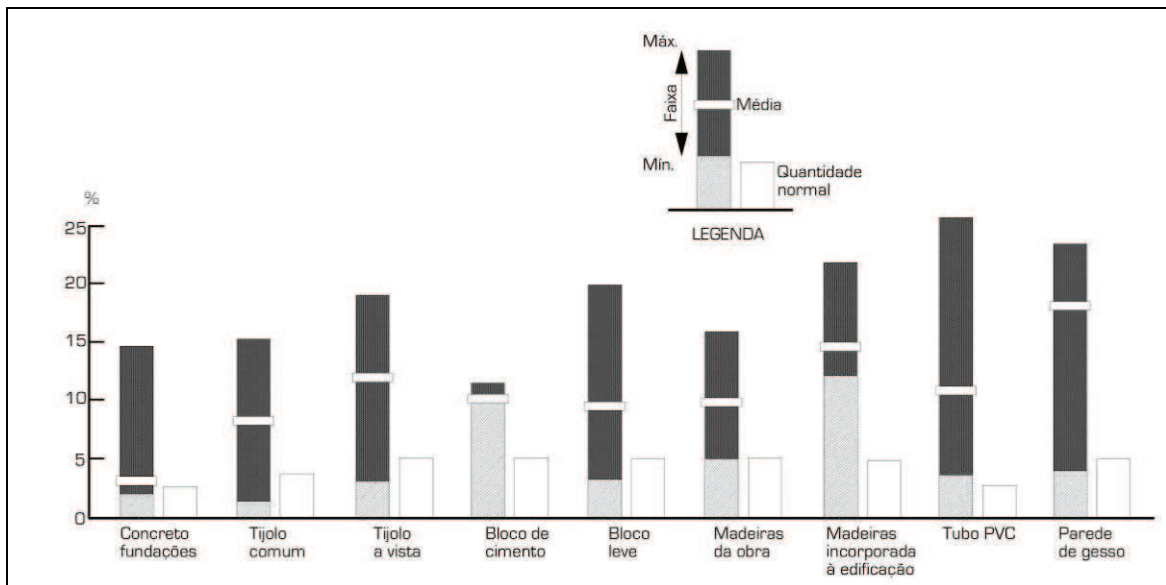


Figura 02 – Perdas observadas - Departamento Ambiental (BRE, 1980).

Para Souza *et al.* (1999), o consumo excessivo de materiais ocorre em três diferentes fases da construção:

1. Concepção - diferença entre a quantidade necessária de material conforme o projeto otimizado e a prevista conforme o projeto idealizado – esta perda está relacionada ao material incorporado em excesso na edificação.
2. Execução - diferença entre a quantidade prevista no projeto idealizado e a quantidade realmente utilizada na execução da edificação – esta perda está relacionada ao material incorporado em excesso e à geração de entulhos.
3. Utilização - diferença entre a quantidade prevista de material utilizado na manutenção e a quantidade realmente utilizada – esta perda poderá

estar relacionada a material excedente incorporado à edificação ou na forma de entulhos provenientes de uma manutenção precoce em uma fachada por exemplo.

No contexto da identificação de perdas e desperdícios na construção civil tem-se claramente identificadas alguns tipos: Perdas e desperdícios:

1. Perdas incorporadas: origem na execução da estrutura de concreto; é aquela onde ocorreu falha na concretagem, execução e lançamento de fôrmas, falhas no cimbramento ou outra onde tenha ocorrido uso de concreto para além do projetado.
2. Retrabalho: origem na execução da estrutura de concreto; é aquela que além das perdas descritas acima, a peça da estrutura defeituosa deverá sofrer algum retrabalho: retirada de material (geração de resíduo) e aplicação de novo material ou mão-de-obra não orçada.
3. Excesso de consumo de concreto: origem na execução da estrutura de concreto; é aquela originada em falhas na execução de fôrmas onde além das já classificadas no primeiro item, podem também ocorrer por erro na execução do projeto de fôrmas (dimensionamento das peças).
4. Acréscimo de materiais não orçados: além das descritas acima, a utilização no material extra ou outro não projetado/orçado para corrigir geometrias, esquadros ou outras inconformidades.
5. Possíveis patologias: emprego de material excedente com o objetivo de corrigir imperfeições poderá acarretar no futuro algum tipo de patologia que provoque para manutenções antecipadas ou mesmo correções.

Serpell (1993) identifica sete situações em que ocorrem desperdícios e conseqüentemente influenciam a produtividade na execução de obras na indústria da construção civil.

1. Projetos e planejamento deficientes comprometem a construtibilidade da obra devido à falta de detalhamento.

2. Ineficiência da gestão administrativa que normalmente está focada na correção dos problemas e não na prevenção dos mesmos. Este fato deve-se ao pouco envolvimento destes administradores no processo administrativo.
3. O não aproveitamento de experiências anteriores ocasionada por métodos ultrapassados ou mesmo inadequados de trabalho que não observam experiências de projetos ou obras anteriores.
4. Baixa vinculação da obra com os setores de apoio tais como setor de compras, estoques e manutenção.
5. Recursos humanos – baixa especialização da mão-de-obra e alta taxa de rotatividade.
6. Problemas de segurança dos trabalhadores relacionados normalmente pelo não fornecimento de equipamentos de proteção individual e coletivo.
7. Ineficiência dos métodos de controle de custos projetados e executados.

Neste sentido Serpell (1993) afirma que se estas sete situações descritas anteriormente forem continuamente atacadas, os índices de perdas e desperdícios na execução das obras serão reduzidos.

Para muitos, as perdas e desperdícios verificados nas construções são fenômenos que se relacionam unicamente com a execução da obra. Este censo comum está consolidado entre as pessoas leigas pautando diversas questões relacionadas à preservação do meio ambiente urbano.

A preocupação com as questões ambientais presente no pensamento da academia tem induzido pesquisadores nas investigações das origens destas perdas e desperdícios estabelecendo proposições de melhorias no conjunto do processo de construção.

De acordo com diversos autores, estes fenômenos têm origem ou advém de todas as etapas do processo de construção civil se consideramos como etapas:



o planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes, execução, uso e manutenção conforme esquema da Figura 03 (MESSEGUER, 1991).

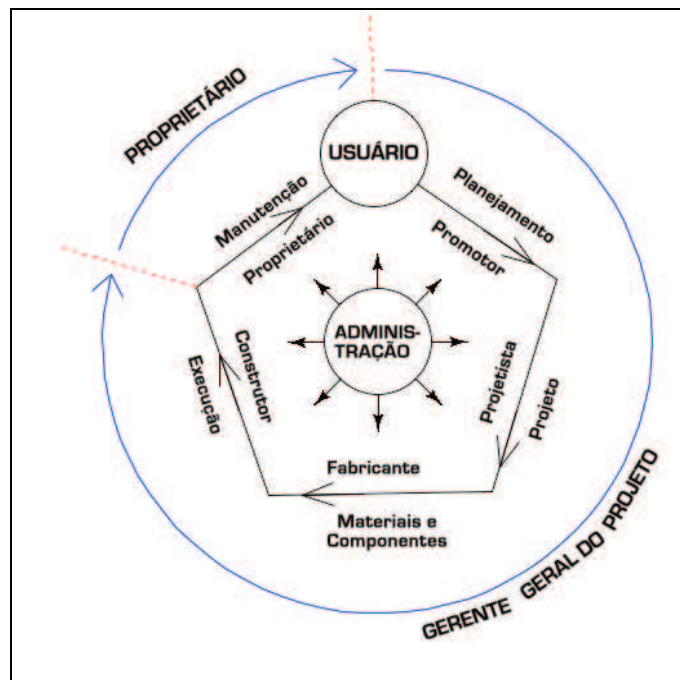


Figura 03 – Processo construtivo na construção civil (Adaptado de MESSEGUER, 1991).

A Figura 03 apresenta as etapas do processo de construção civil com os seus respectivos responsáveis onde o controle de produção é exercido dentro de cada lado do pentágono, por aquele que executa a atividade correspondente, compreendendo o controle interno.

Nos vértices do pentágono é onde acontece a transição de uma atividade para outra, onde se dá a transferência de responsabilidades configurando assim o controle externo.

Não só no Brasil, mas em todos os países a indústria da construção civil tem convivido historicamente com circunstâncias de perdas e desperdícios decorrentes de obras que, conforme diversos autores e em várias épocas, provocam desperdícios de materiais, utilização de materiais nobres como ação corretiva, utilização de mão-de-obra extra orçamento entre outras situações que na grande maioria das vezes, foram decorrentes de falhas de planejamento e, muitas vezes, deficiência no detalhamento e compatibilização dos projetos executivos.

## 2.3 Sistema de Fôrmas

O final da década de 60 foi o marco de início da tecnologia de fôrma utilizada atualmente por grande parte das construtoras brasileiras através de seu precursor o Engenheiro Toshio Ueno, como pioneiro em estudos técnicos da fôrma no Brasil.

O principal objetivo à época, era a otimização dos custos por meio da melhoria da produtividade e do menor consumo de materiais bem como o aumento do índice de reaproveitamento (ASSAHI, 2005).

Através de um desenho específico de fôrmas e uma sequência pré-concebida de montagem, todas as peças de madeira que compõem a fôrma passaram a ser fabricadas na bancada. A grande novidade eram, todas as peças possuírem dimensões definitivas com os descontos ou acréscimos conforme os detalhes dos encontros (ASSAHI, 2005).

Para o autor, outra grande mudança radical no processo produtivo de fôrma foi o emprego de escoras estrategicamente distribuídas para permitir a retirada de grande parte da fôrma, algo em torno de 80% a 90%, estabelecendo a possibilidade de reutilizá-las.

Naturalmente, ao longo das últimas décadas, todas essas experiências aliadas a necessidade do mercado cada vez mais competitivo e exigente, determinou uma força propulsora no desenvolvimento e aprimoramento desta tecnologia implicando em resultados bastante satisfatórios de produtividade e qualidade.

Para Freire *et al.* (2001), o sistema de fôrmas consiste em um conjunto de componentes, combinados em harmonia, com o objetivo de atender às funções:

1. moldar o concreto;
2. conter concreto fresco e sustentá-lo até que tenha resistência suficiente para se sustentar só;

3. proporcionar à superfície do concreto a textura requerida;
4. servir de suporte para o posicionamento da armação, permitindo a colocação de espaçadores para garantir os recobrimentos;
5. servir de estrutura provisória para as atividades de armação e concretagem, devendo resistir às cargas provenientes do seu peso próprio, além das de serviço, tais como pessoas, equipamentos e materiais;
6. proteger o concreto novo contra choques mecânicos;
7. limitar a perda de água do concreto, facilitando a cura.

Ainda os autores Freire *et al.*(2001), entendem que o sistema de fôrmas compreende ainda três divisões básicas: MOLDE, CIMBRAMENTO E ACESSÓRIOS.

1. MOLDE que dá forma à peça estando em contato com o concreto e normalmente é composto de painéis, que podem ser estruturados ou não;
2. CIMBRAMENTO é o conjunto de elementos que tem como função a absorção e transferência para um local seguro as cargas que atuam nas fôrmas, podendo ser dividido em quatro grupos:
  - a. escoramento – peças verticais sujeitas aos esforços de compressão;
  - b. vigamento – peças horizontais sujeitas a esforços de flexão;
  - c. travamento – peças verticais e horizontais sujeitas a esforços de tração e/ou flexão;
  - d. mãos-francesas – peças inclinadas para contenção horizontal;
3. ACESSÓRIOS que representam um conjunto de peças que auxiliam os demais elementos a cumprirem suas funções.

Todos os diversos subsistemas e subprocessos existentes em uma obra compõem o sistema construtivo e estão todos cumprindo suas funções em prol das necessidades do empreendimento. No entanto, a fôrma tem uma particularidade única neste contexto é a fôrma que dá início ao processo como um todo, e assim sendo, ela deverá ser a referencia para todo o conjunto da obra, estabelecendo o grau de excelência para toda a obra (ASSAHI, 2005).

Segundo Assahi (2005), a fôrma é o item de maior importância na construção, pois o desempenho deste subsistema implicará diretamente no resultado final do empreendimento. O prumo, nível, alinhamento e esquadro das peças estruturais, são pré-requisitos básicos e necessários à todos os outros subsistemas. A fôrma passa a ser a única responsável pela geometria de todos os elementos estruturais.

Sob a ótica de que a estrutura de um edifício é o subsistema da construção de maior valor do ponto de vista econômico, Batlouni Neto (2003) constatou, através de um estudo realizado em edifícios construídos na grande São Paulo, que o percentual relativo ao custo total da estrutura variou de 14,08% a 22,77%, gerando um valor médio de 17,69%, valores bem próximos aos sugeridos por Mascaró (1998).

Fatores como a sobrecarga acidental de projeto conforme sua utilização, a vida útil prevista para a edificação, o local da obra, a rigidez determinada, no caso de edifícios com alturas que sofra maiores esforços em virtudes da ação do vento são algum dos fatores que influenciam o custo da estrutura. Em obras de alto valor imobiliário e com elevado padrão de acabamento, fatores esses definidos na fase de concepção de projeto, as estruturas participam com menor percentual no custo final (BATLOUNI NETO, 2005).

No atual contexto da construção civil, as fôrmas representam normalmente um custo em torno de 10% do custo da edificação transferindo para o sistema estrutural a responsabilidade na determinação do prazo e da qualidade da obra. O processo de execução da super estrutura em concreto armado torna-se

crítico e longo, condicionando o início da execução de quase todos os serviços subseqüentes (FREIRE *et al.*, 2001).

Entretanto, a engenharia civil vem continuamente desenvolvendo e implantando novas tecnologias que visem aumentar a produtividade, com redução dos custos finais como forma de manter a competitividade no setor. Porém, os profissionais devem ter a consciência do equilíbrio do binômio, maior produtividade e menores custos sem o comprometimento do desempenho e qualidade final do produto (BATLOUNI NETO, 2005).

Porém, este binômio tende a transferir a situação de baixo desempenho desta fase no processo construtivo, para a etapa posterior, em que os acabamentos finais se apresentam como uma solução para corrigir diversas falhas de concretagem como as bexigas, defeitos nas emendas das peças da estrutura de concreto e deformações na geometria destes elementos. Provavelmente ainda se dê prioridade as soluções com o menores custos de fôrmas em decorrência do relativo baixo custo do revestimento argamassado.

#### **2.4 Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e Building Information Modeling (BIM)**

A construção civil apresenta significativo impacto ambiental e os estudos que visem à redução de perdas são importantes para contribuir com o desenvolvimento sustentável. Os projetos de edificações residenciais têm sido desenvolvidos de forma individualizada, sem a adequada coordenação de projeto. Este processo de projeto acarreta dificuldades na execução, com o aparecimento de erros no canteiro de obras, exigindo a correção através de soluções não otimizadas, as quais muitas vezes são improvisadas, acarretando retrabalho e perdas, especialmente diminuição de qualidade do produto final e aumento do consumo de materiais.

Para corrigir esta situação, um dos caminhos que têm sido apontados na literatura é o aperfeiçoamento do processo de projeto através da aplicação de

TIC. Mais especificamente, uma das possíveis soluções é a adoção de BIM, para colaborar com a concepção de projeto e propiciar ferramentas para documentá-lo.

Estudos científicos apontam para a importância da fase da elaboração de um projeto como um fator fundamental na obtenção da qualidade dos edifícios. Souza *et al.* (1995) observa que além das decisões com relação à forma, tamanho, tipologia e padrão da edificação. As decisões sobre custos e tempo são tomadas ainda nesta fase, reforçando a importância da gestão do processo de elaboração de projeto influenciando o processo de construção, conseqüentemente, na qualidade do produto final.

Para Melhado e Agopyan (1995), as decisões tomadas na fase de projeto possuem a capacidade de influenciar o custo final do empreendimento (Figura 04). Ou seja, quanto mais se avança da fase de projeto para a fase de execução e uso, o potencial de redução de custos diminui. Com o projeto concluído, estarão estabelecidas todas as condições de desenvolvimento do processo de execução da obra. Conceito este também compartilhado por Souza *et al.* (1995)

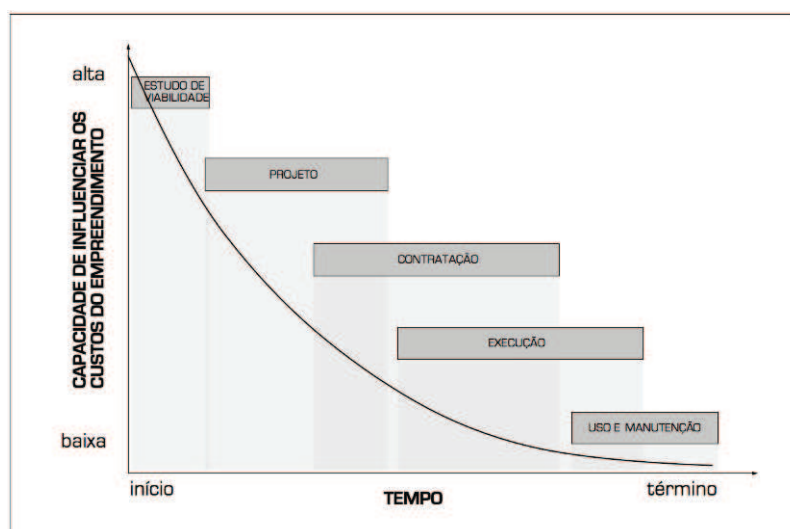


Figura 04 – Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento ao longo do processo de desenvolvimento do produto (Adaptado de MELHADO; AGOPYAN,1991).

Para os autores, a sistemática de elaboração e desenvolvimento da maior parte das empresas construtoras e incorporadoras brasileiras é realizada de forma não planejada, segmentada e sequencial e com deficiência na interação e comunicação entre os diversos agentes envolvidos.

O setor da construção civil está no estágio inicial de uma mudança histórica na alteração da elaboração dos projetos e no processo de construção de edifícios. Esta ruptura de metodologia está baseada no conceito BIM, Tecnologia de Informação e Comunicação. Esta tecnologia apresenta um conjunto de informações fundamentais necessárias para a coordenação e concepção de um projeto, construção, uso e manutenção através modelos digitais. As vantagens que são oferecidas pelo BIM para a indústria da construção civil são de fornecer uma ferramenta que estabeleça condições de cooperação entre os agentes do processo e superar a natural fragmentação do setor (SALAZAR *et al.*, 2006).

No setor de incorporação imobiliária, o processo de projeto depende da relação que ocorre entre o cliente/incorporador e o grupo de projetistas (arquitetos, engenheiros de estruturas e de sistemas prediais). Geralmente parte do incorporador, como contratante principal, a exigência de aperfeiçoamento do projeto ou a adoção de determinado padrão ou ferramenta. A implantação de ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação implica em significativa mudança nos procedimentos. No caso de BIM, trata-se de uma mudança cultural, que não é trivial, pois pode alterar a própria maneira de conceber o projeto.

Desta forma é provável que os novos processos emergentes possam substituir o tradicional conceito fragmentado da AEC evoluindo para uma indústria que gradualmente avance na direção mais colaborativa e assim atender a interminável exigência de elaboração de projetos com maior qualidade e riqueza de detalhes em menor tempo aliado a um menor custo (SALAZAR *et al.* 2006).



A melhoria na comunicação é um componente fundamental para alcançar uma melhor colaboração entre os participantes do projeto. O BIM é um termo recentemente adotado pela indústria da AEC desenvolvendo o projeto do edifício em termos de objetos 3D, tais como: portas, janelas, escadas, telhado e etc. assemelhando-se a forma como o edifício é construído na realidade (SALAZAR *et al.* 2006).

Eastman *et al.* (2008) enfatizam que BIM é uma ferramenta para realizar uma atividade (modelling) e não para criar um objeto (model). É uma forma diferente de pensar e fazer o projeto.

Um dos benefícios do uso de BIM é proporcionar a visualização precisa e antecipada dos detalhes do projeto. O modelo é gerado em 3D, ao invés de ser composto por uma série de visualizações 2D, fornecendo uma consistência dimensional que é ainda mais importante se considerada no conjunto dos projetos (EASTMAN *et al.*, 2008).

Para Toledo (2008), o processo de projeto com BIM provoca impacto e mudanças na gestão de projetos relacionadas ao workflow onde o coordenador no sistema convencional é o responsável pela verificação da documentação (desenhos) de forma passiva, estática e sem ações colaborativas (Figura 05).

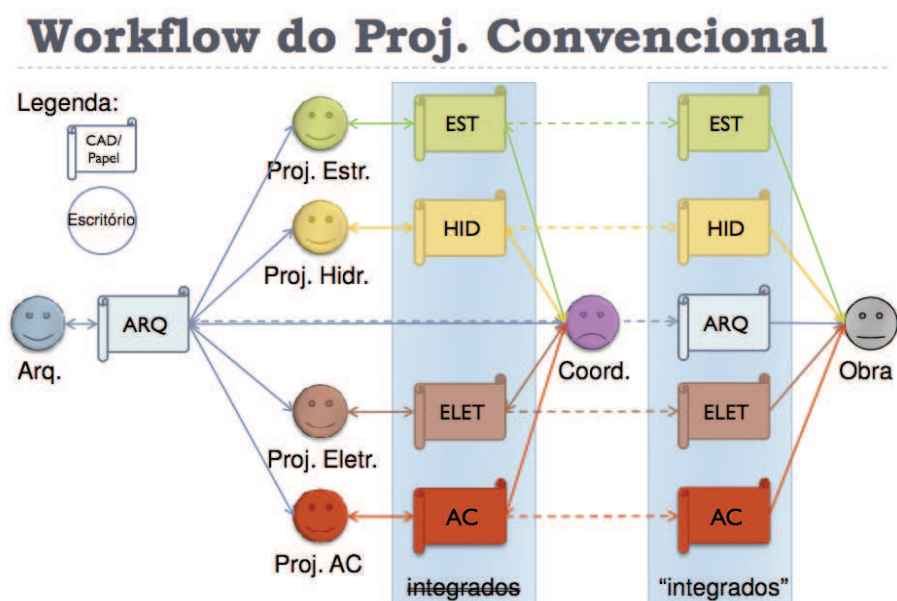


Figura 05 – Workflow do projeto convencional (TOLEDO, 2008).

Na Figura 06, Toledo (2008) apresenta o workflow do projeto com o emprego da ferramenta BIM e destaca a integração das equipes de trabalho de forma diferente. Neste processo, a gestão é diferenciada e o coordenador cumpre o papel de interativo e colaborativo.

No projeto com BIM, o foco da questão é o projeto consolidado em modelo digital 3D e não em documentos, desenhos e planilhas, estáticos, onde as alterações e compatibilizações não são automatizadas nem visualizadas (TOLEDO, 2008).

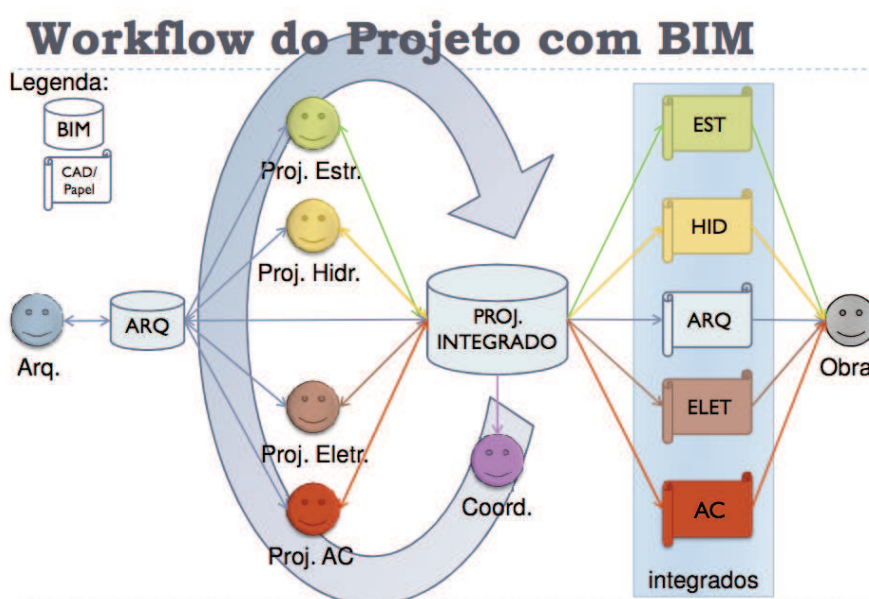


Figura 06 – Workflow do projeto com BIM (TOLEDO, 2008).

Outro benefício, citado por Eastman *et al.* (2008) é o descobrimento de erros antes do processo de construção. Como o modelo é originado em 3D, os erros que poderiam ser provocados por deficiência ou falhas decorrentes da elaboração de projetos em 2D, podem ser facilmente visualizados e consequentemente eliminados.

Além disto, como os projetos complementares podem ser incorporados, as interfaces multi-sistemas são facilmente verificadas e os conflitos ou omissões podem ser identificados (Figura 07).

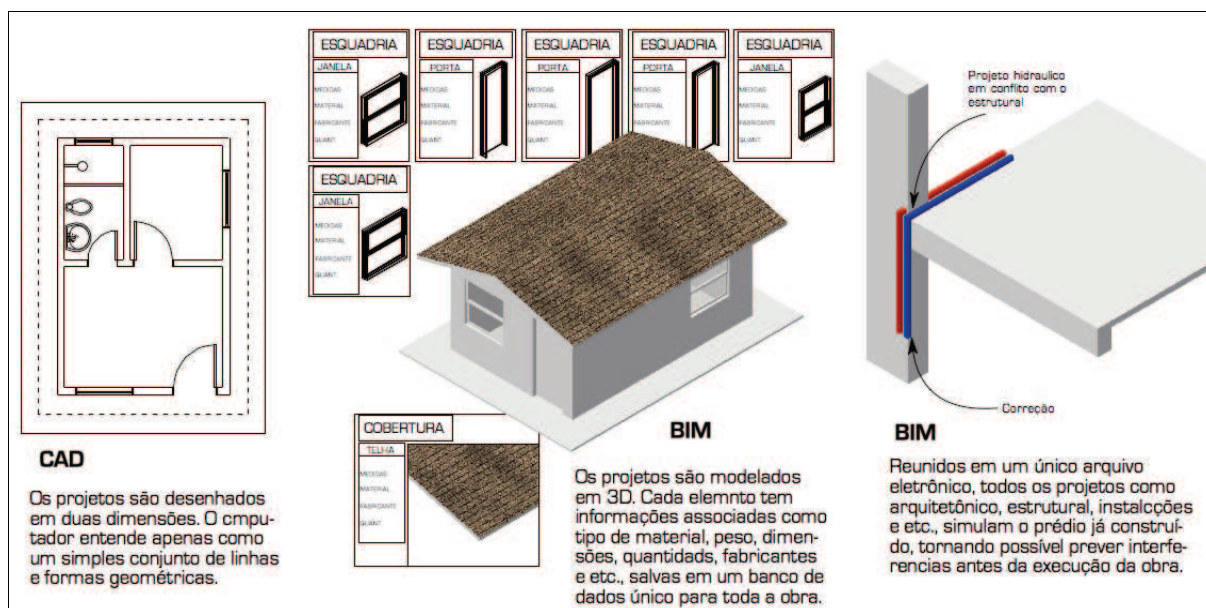


Figura 07 – Representação gráfica da comparação do projeto com CAD e com BIM (Adaptado REVISTA TÉCHNE, 2007).

A coordenação do projeto torna-se mais fácil. Com estas características, o processo de projeto é acelerado e podem ser reduzidos os custos de desenvolvimento do projeto. Podem ser identificadas três etapas ou estágios de implantação do BIM nos escritórios de projeto:

1. Primeira etapa: visualização 3d, informação completa.
2. Segunda etapa: projeto realizado no BIM;
3. Terceira etapa: projeto colaborativo e no BIM.

Entretanto, a utilização de BIM provoca uma alteração significativa no processo de projeto e há vários desafios a serem enfrentados. Como exemplo, cita-se o novo relacionamento entre os projetistas e o proprietário, considerando meios de colaboração, formas de contratação e de gerenciamento da informação. Deve-se salientar ainda a existência de várias questões relativas à implementação em si, tais como custos de aquisição de software, treinamento da equipe, re-organização dos escritórios e aquisição de hardware. Porém todos estes desafios foram enfrentados há alguns anos, quando o CAD tornou-se disponível a custos razoáveis, e foram (relativamente bem) superados.

O BIM tem ganhado popularidade entre os grandes construtores, como o de General Services Administration (GSA). Entidades de classes e associações de projetistas e construtores, como o American Institute of Architects (AIA), American Society of Civil Engineers (ASCE), e a Associated General Contractors of America (AGC) estão atentas para as implicações decorrentes do uso do BIM na prática profissional no futuro. Entretanto, o esforço destes profissionais juntamente com a evolução tecnológica deverá promover uma alteração e transformar os processos através de melhorias na colaboração e coordenação entre profissionais envolvidos no projeto e na construção de edifícios (SALAZAR *et al.* 2006).

Pode-se entender o BIM como uma nova onda tecnológica, e que em alguns anos estará sendo utilizado em um percentual expressivo de escritórios de projeto e construtoras, mesmo com a resistência de alguns, assim como ainda hoje existem profissionais que não utilizam CAD.

## **2.5 Legislação**

A Lei N° 6938/81, denominada de Política Nacional do Meio Ambiente, estabelece com princípios fundamentais de política pública a preservação, melhora e recuperação do meio ambiente nacional instituindo neste sentido, o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Desta forma, constata-se a grande relevância desta política pública no instante em que o SISNAMA vem representando um conjunto de órgãos, entidades e normas de todos os entes federativos da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, sendo estes, responsáveis pela gestão ambiental.

Neste contexto, os princípios e conceitos fundamentais para a proteção ambiental se resguardam no objetivo principal que a não-geração de resíduos, ou entulhos. Em um caráter secundário, a redução, reutilização, reciclagem, bem como a responsabilidade pela destinação final de tais resíduos. Portanto, estes resíduos não podem ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares

(resíduos urbanos), em “bota-fora”, terrenos baldios, encostas, recursos hídricos e áreas de preservação permanente.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é um órgão do SISNAMA e tem por finalidade estudar e propor diretrizes e políticas públicas para a preservação ambiental deliberando através de resoluções, que são normas técnicas e administrativas com força de lei. Uma dessas políticas públicas está relacionada diretamente com a indústria da construção com destaque para a questão dos RCD.

A resolução N° 307/2002, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a efetiva gestão dos resíduos da construção civil, fixando prazos para sua elaboração e implementação. Esta resolução determina aos geradores que tenham como objetivo prioritário a não geração de resíduos, e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final (BRASIL, 2002).

A norma não é abrangente o suficiente no que diz respeito à não-geração de resíduos no momento em que a mesma não considera as perdas geradas em canteiros de obra sendo em grande parte incorporadas à construção e os desperdícios que suplementam as obras com materiais para além do orçado gerando além de prejuízos financeiros aos empreendedores, a necessidade de aumento na geração e transformação de materiais naturais em insumos.

Os principais aspectos dessa resolução são os seguintes:

A. Definição e princípios

1. Definição – Resíduos da construção e demolição são os provenientes da construção, demolição, reformas, reparos e da preparação e escavação de solo.
2. Princípios – priorizar a não geração de resíduos e proibir disposição final em locais inadequados, como aterros sanitários, em bota-foras, lotes vagos, corpos de água, encostas e áreas protegidas por lei.

## B. Classificação e destinação (Tabela 03)

Tabela 03 - Resolução N° 307/2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA

<b>Tipo de RCD</b>	<b>Composição</b>	<b>Destinação</b>
<b>CLASSE A</b>	alvenaria, concreto, argamassa, solos e outros	reutilização, reciclagem e uso como agregados aterros licenciados
<b>CLASSE B</b>	madeira, metal, plástico, papel e outros	reciclagem armazenagem temporária
<b>CLASSE C</b>	gesso e outros	conforme norma técnica e específica
<b>CLASSE D</b>	tintas, solventes, óleos etc.	conforme norma técnica específica. (predomina a destinação em aterros específicos)

## C. Responsabilidades

- Municípios - elaborar Plano Integrado de Gerenciamento, que incorpore:

a) Programa Municipal de Gerenciamento (para geradores de pequenos volumes);

b) Projetos de Gerenciamento em obra (para aprovação dos empreendimentos dos geradores de grandes volumes).

- Geradores – elaborar Projetos de Gerenciamento em obra (caracterizando os resíduos e indicando procedimentos para triagem, acondicionamento, transporte e destinação).

## D. Prazos

- Plano Integrado e Programa Municipal - devem estar elaborados até janeiro de 2004 e implementados até julho de 2004.

- Projetos de Gerenciamento – devem ser apresentados e implementados a partir de janeiro de 2005.

Estudos no Brasil comprovam que a reciclagem de resíduos classe “A” no

próprio canteiro de obra pode ser uma atividade tecnicamente e economicamente viável, desde que observada a importância do controle da qualidade dos materiais produzidos com RCD, evitando futuras patologias nas construções.

As empresas construtoras no Brasil ainda se mantêm inertes na adoção de soluções relacionada ao reaproveitamento de materiais devido à ausência de uma legislação mais eficiente e de uma fiscalização mais atuante.

Ao que parece, os atuais custos elevados de descarte de resíduos e aquisição de matéria prima para uma efetiva redução dos impactos ambientais provocados pela construção civil e a questão ambiental, por si só, ainda não são motivos para a adoção de novos procedimentos; que a resolução N° 307/2002 do CONAMA (LINHARES *et al.*, 2007).

Conforme Pinto e Gonzáles (2005), as normas técnicas estão integradas às políticas públicas, representando outro importante instrumento para a viabilização do exercício da responsabilidade para os diversos agentes públicos e os responsáveis pela geração de resíduos. Como o objetivo de viabilizar o perfeito gerenciamento desses resíduos nas mais diversas áreas específicas, temos as seguintes normas técnicas:

1. • Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação – NBR 15112 (2004) – possibilitam o recebimento dos resíduos para triagem e valorização posterior. De grande importância para a questão da logística da destinação dos resíduos e podendo ser licenciados para esta finalidade: processar resíduos para valorização e aproveitamento.
2. • Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação – NBR 15113 (2004) – solução adequada para disposição dos resíduos classe A, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307, considerando critérios para reservação dos materiais para uso futuro ou disposição adequada ao aproveitamento posterior da área.



3. • Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação – NBR 15114 (2004) – possibilitam a transformação dos resíduos da construção classe A em agregados reciclados destinados à reinsertão na atividade da construção.
4. As normas técnicas que estabelecem as condições para o uso destes agregados são as seguintes:
5. • Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos – NBR 15115 (2004).
6. • Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos – NBR 15116 (2004).

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

---

Este capítulo descreve o método de pesquisa utilizado neste trabalho. O objetivo específico desta pesquisa é a identificação e a proposição de melhorias na execução da estrutura de concreto de um edifício habitacional. Esta pesquisa foi inserida no Programa de Melhores Práticas da Comunidade da Construção no Rio Grande do Sul.

A pesquisa através de estudo de caso, teve, por suas especificidades, a capacidade de preservar características genéricas e do cotidiano real desta obra, investigando os eventos que acontecem no canteiro de obras, bem como a avaliação dos processos administrativos e de organização da empresa com o respeito às peculiaridades regionais.

A empresa alvo do estudo possui comprovada experiência no segmento da construção civil, desenvolve projetos e realiza obras de edifícios residenciais, e, há algum tempo tem observado em suas obras diferenças com relação a previsão baseada nos projetos e orçamentos estimados e o que efetivamente foi consumido na produção das obras. Este fenômeno tem provocado prejuízos e transforma o canteiro de obras no local de tomadas decisões que não foram previstas quando da elaboração dos projetos.

Para esta pesquisa foi utilizada como estudo de caso uma obra em fase de execução em Novo Hamburgo/RS (Região Metropolitana de Porto Alegre). A construção iniciou em 2008 e quando foram iniciadas as observações e visitas à obra já havia ocorrido o lançamento da estrutura.

O empreendimento é de uma empresa incorporadora líder no segmento, com tradição na construção de edifícios habitacionais de padrão construtivo médio-alto que está inserida no Programa da Comunidade da Construção. Seu principal produto é a incorporação e construção de edifícios residenciais verticais de alto valor agregado, com diversas obras concluídas, outras em fase de execução e algumas ainda na fase de projeto.

A edificação foi projetada para compor dezessete pavimentos tipo (Figura 04) com 02 apartamentos de 02 suítes e 01 suíte máster cada, um mezanino no térreo, e um anexo com 02 pavimentos que acomodaram 118 vagas para estacionamento de veículos, além de jardins, quiosque, canchas múltiplas, playground, piscina (adulto/infantil), salas de jogos e ginástica, sauna, salão de festas e portaria. Outras informações mais detalhadas com relação à edificação em estudo constam no Anexo 01.

Como solução estrutural para as lajes dos pavimentos tipo, foram adotadas duas tipologias distintas: laje maciça tradicional e laje nervurada e protendida. Na Figura 08, a área assinalada em cinza representa a laje do tipo nervurada e protendida.

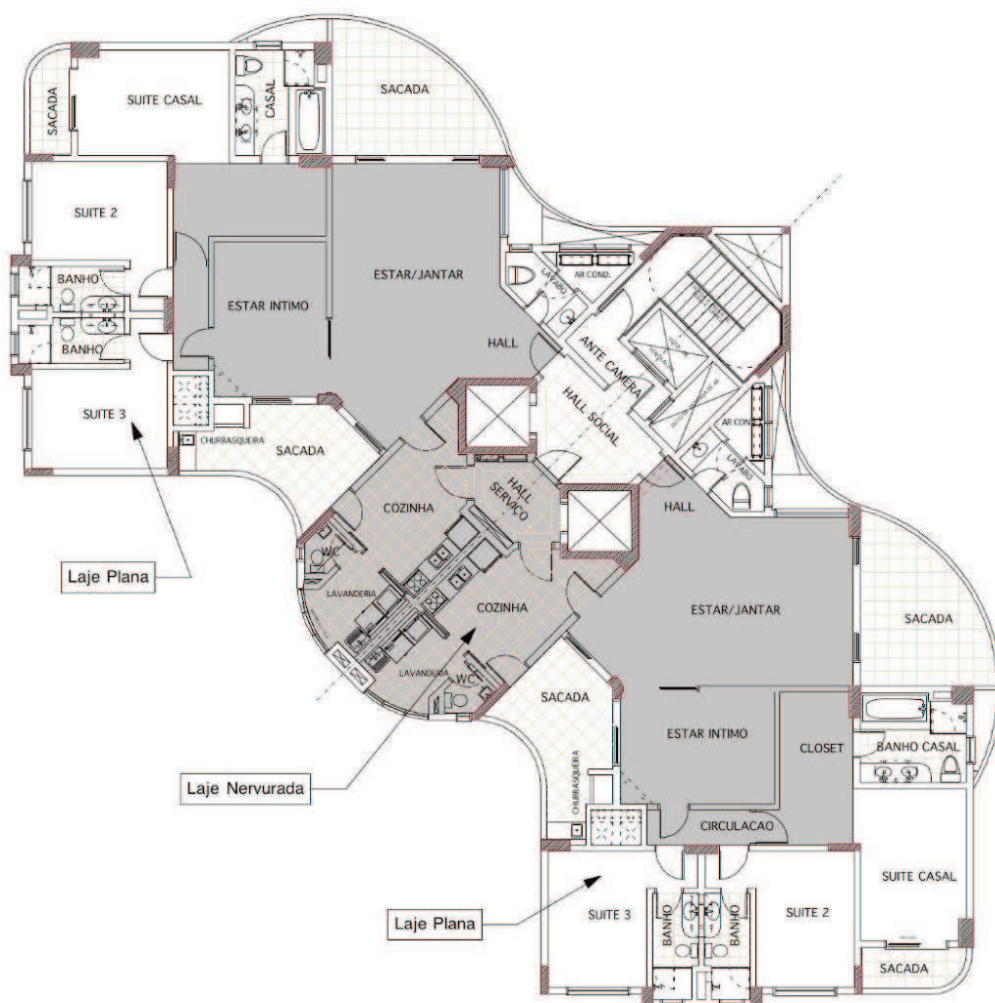


Figura 08 – Planta Baixa do Pavimento Tipo (Lajes) - sem escala.

O forro nestes ambientes será rebaixado em chapas de gesso acartonado, opção adotada para facilitar a personalização das unidades, flexibilizando o posicionamento das alvenarias internas.

O layout standard do apartamento compreende um setor de uso íntimo: estar íntimo, circulação, suíte máster (com closet) e mais duas suítes; um outro setor composto pela sala de estar e jantar, cozinha e área de serviço (lavanderia) contígua a uma área com churrasqueira e sacada. Neste primeiro setor, a empresa tem observado que raramente são propostas alterações de layout pelos futuros proprietários, as condições das instalações e localizações e dos sanitários e das esquadrias que compõem as fachadas, determinam de uma certa forma a ocupação desses espaços.

Nas demais áreas do pavimento tipo a laje é maciça. A estrutura de concreto da edificação é composta de pilares e vigas em concreto armado com fck de 35MPa compreendendo um volume total de concreto da obra de 3.101,00 m<sup>3</sup>;

Tabela 04 – Resumo estimado de materiais por pavimento

<b>Quantidades Estimadas</b>	<b>Formas (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Concreto (m<sup>3</sup>)</b>
VIGAS	333	28
PILARES (TIPO)	284	27
LAJES	206*	47
TOTAIS	823	102

\* Área de forma de madeira p/laje maciça

O projeto tem como especificação de revestimento de alvenarias:

1. Revestimento interno: reboco – espessura de projeto = 2,5 cm;
2. Revestimento externo: emboço – espessura de projeto = 2,5 cm + plaquetas cerâmicas.

As fôrmas são executadas no próprio canteiro de obras, com as seguintes características:

1. Cubetas em fibra de vidro e apoio horizontal em madeira utilizada para a produção da laje nervurada protendida (Figura 09 (A));

2. Formas em compensado resinado com estrutura em madeira maciça, empregadas para lajes planas, vigas e pilares (Figura 09 (B));



(A)



(B)

Figura 09 – (A) Montagem Laje protendida com cubetas. (B) Formas de Viga e Pilares em compensado resinado

3. Formas metálicas empregadas nas vigas curvas das sacadas (Figura 10 (A));

4. Escoramento vertical metálico com regulagem (Figura 10 (B)).



(A)



(B)

Figura 10 – (A) Forma Metálica nas sacadas em curvas. (B) Escoramento Metálico.

As escadas foram pré-fabricadas e adquiridas de fornecedor local.



A alvenaria foi especificada e executada em blocos cerâmicos fabricada na região metropolitana de Porto Alegre, com baixíssima taxa de variação em suas dimensões, não ultrapassando a 3 mm na largura, altura e comprimento de cada bloco atendendo as NBR 15270-2 e NBR 15270-3 (Figura 11).

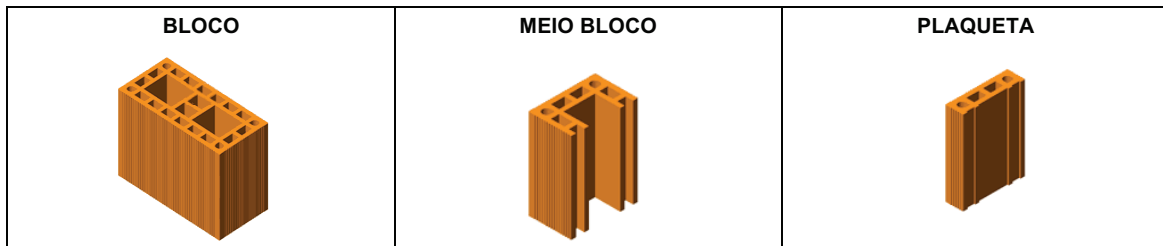


Figura 11 – Blocos Cerâmicos – (PAULUZZI, 2008)

Os blocos cerâmicos são entregues, estocados no canteiro de obra em “*pallets*” e movimentados no canteiro de obras através de guas (Figura 12).



Figura 12 – (A) Blocos Cerâmicos armazenados em “*pallets*”. (B) Início das alvenarias

Neste estudo de caso foram utilizadas várias ferramentas de avaliação como questionários, observação de campo nas diversas etapas analisadas e entrevistas que possibilitaram a caracterização da edificação e para assim compreender o processo construtivo adotado.

A Figura 13 apresenta o delineamento da pesquisa elaborado através dos objetivos específicos, questões de pesquisa e os objetos de estudos das quatro etapas realizadas.

<b>Objetivo Geral:</b> Estabelecer diretrizes para melhorias na produção de estrutura de concreto visando a redução de perdas em um edifício residencial	
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Questões de Pesquisa</b>
<b>Etapa 01</b>	<p>Analisar os projetos, documentação, fluxo de informação e o processo de execução da estrutura de concreto, identificando subprocessos envolvidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como foi executada a estrutura de concreto?</li> <li>• Como foi a comunicação, fluxo de informação que definiram os projetos?</li> </ul>
<b>Etapa 02</b>	<p>Classificar os tipos de perdas presentes no processo da execução da estrutura de concreto, identificando possíveis origens e conseqüências</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais as perdas decorrentes da execução da estrutura de concreto?</li> <li>• Qual a origem e as conseqüências destas perdas?</li> </ul>
<b>Etapa 03</b>	<p>Identificar as perdas decorrentes do processo de execução da estrutura de concreto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Houve utilização de material para além do orçado?</li> <li>• Qual o percentual de material que foi perdido?</li> </ul>
<b>Etapa 04</b>	<p>Propor oportunidades de melhorias no processo estudado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O que pode ser alterado para reduzir tais perdas?</li> <li>• Quais as dificuldades para alterar o processo?</li> </ul>

Figura 13 – Delineamento da Pesquisa.

Conforme explicitado na Figura 13, este trabalho foi desenvolvido em quatro etapas. Genericamente falando, a primeira etapa teve como base a revisão bibliográfica pertinente ao tema em estudo, compreendendo a análise do processo de execução da estrutura de concreto, subprocessos envolvidos, fluxo de informação, projetos e documentação. A segunda etapa ocupou-se no estudo da classificação dos tipos de perdas presentes no processo de execução de estrutura de concreto, identificando possíveis origens e

conseqüências. Na terceira etapa, o trabalho foi centrado na identificação das perdas oriundas do processo de execução de estrutura de concreto. Para finalizar, na quarta etapa, buscou-se a identificação de oportunidades de melhorias no processo estudado.

No decorrer de todas as etapas da pesquisa, o trabalho buscou o embasamento científico na revisão bibliográfica sobre perdas, desperdícios, execução de estrutura de concreto e construtibilidade. Foram utilizados periódicos, artigos de congressos, documentos técnicos, legislações e normativas, dissertações de mestrado, teses de doutorados, entre outras publicações de reconhecimento no meio científico relacionados à construção civil.

### **3.1 Etapa 01 - Análise dos projetos, documentação, fluxo de informação e processo de execução da estrutura de concreto identificando subprocessos envolvidos.**

Para proceder a análise em questão, foram disponibilizados pela empresa para observação os projetos de arquitetura, estrutural e de instalações, bem como do projeto de fôrmas para a estrutura de concreto, paginação da alvenaria de bloco cerâmicos e memoriais descritivos.

A análise do processo de execução de estrutura de concreto foi realizada através de visitas ao canteiro de obras do edifício do estudo de caso, iniciando em julho de 2008, com freqüência semanal, e tendo sido finalizadas as visitas em junho de 2009. Neste período, foi observada a execução da estrutura de concreto, objetivando a compreensão de todo o processo, desde o lançamento até a desfôrma da estrutura, identificando também os subprocessos envolvidos, tais como a locação de pilares, referências de controle, sistemas de fôrmas, fabricação e montagem das fôrmas, concretagem e desfôrma.

Como instrumento de pesquisa, as observações de campo foram registradas em formulários (Anexo 02 a 10) e também através do registro de imagens do processo. O acompanhamento fotográfico da execução da estrutura de



concreto serviu como registro visual, possibilitando a identificação das inconformidades, bem como a categorização por similaridades de inconformidades, classificando-as nos referidos formulários.

Estes formulários foram elaborados possibilitando o registro de informações e conduzindo a um caminho investigativo para cada um dos grupos de problemas das questões relacionadas com a execução da estrutura de concreto. São eles:

1. alinhamento de pilares de borda da edificação: condicionantes na execução do revestimento das fachadas, considerando que o revestimento externo demandará mais material para reparar imperfeições na prumada;
2. alinhamento de pilares internos: condicionante na execução dos revestimentos internos das alvenarias que devem estar em esquadros e conseqüentemente, os pisos desses ambientes, que necessitem de esquadro perfeito por determinação do memorial descritivo onde não seja possíveis ajustes, como exemplo, piso com aplicação de porcelanato nas salas;
3. falhas na concretagem: falhas relacionadas a problemas decorrentes da execução da estrutura de concreto, que necessitam obrigatoriamente de reparos;
4. fôrmas: fabricação das fôrmas, escoramento, materiais utilizados e obediência ao projeto de fôrmas existente;
5. alvenaria de blocos: conseqüências da utilização de blocos cerâmicos indicados para alvenaria autoportante e racionalizada;
6. controle de projetos: compatibilização e revisão dos projetos executivos;
7. resíduos: geração e destinação dos resíduos oriundos da produção da estrutura de concreto.

As informações consideradas passíveis de quantificação mais objetiva foram registradas em planilhas, e assim, possibilitando a conferência de medidas de prumos e dimensões que determinam os esquadros nas paredes e pisos dos ambientes internos da edificação. (Anexo 11 e 12).

Para compor as observações, procederam-se também entrevistas aos trabalhadores envolvidos na execução da obra. As seguintes questões pré-definidas foram aplicadas ao engenheiro responsável pela obra, operários responsáveis pelas questões afins ao estudo, e o gerente de projetos:

1. Quais foram as possíveis causas do problema?
2. Qual foi a origem do problema. Em que etapa do processo?
3. Qual a incidência deste problema na obra?
4. Há outras soluções na obra?
5. Quais são as possíveis conseqüências?

Estas informações fundamentais categorizadas no processo de execução da estrutura e da edificação em geral estabeleceram o fluxo de informação da situação real da execução da obra, podendo então, serem comparadas às diretrizes definidas nos projetos executivos e documentação referente à execução da obra.

### **3.2 Etapa 02 - Classificação dos tipos de perdas**

No decorrer da segunda etapa buscou-se a classificação dos tipos de perdas presentes no processo de execução da estrutura de concreto, que foi realizada com base nas observações colhidas na primeira etapa da pesquisa.

As questões pesquisadas foram concentradas em identificar e determinar quais são as perdas decorrentes da execução da estrutura de concreto e quais as prováveis origens e suas conseqüências.

A classificação foi orientada através da bibliografia específica sobre as diversas situações de inconformidade identificadas sob a ótica dos conceitos de perdas e desperdícios:

i. Desperdício por fabricação de produtos defeituosos:

A excessiva reutilização do madeiramento (chapa compensada e sarrafos) demonstrou que após a terceira reutilização, o processo de desfôrma compromete consideravelmente o conjunto da fôrma.

ii. Análise da fabricação e montagem de fôrmas da estrutura de concreto:

Esta análise levou em consideração a proposta adotada pela empresa na escolha da tipologia das formas para a execução da estrutura de concreto. Foi observado pelos seguintes aspectos:

1. Existência e obediência ao projeto de fôrmas;
2. Materiais utilizados nas fôrmas;
3. Execução, montagem e lançamento das fôrmas.

### **3.3 Etapa 03 - Identificação das perdas**

Na terceira etapa, foram identificadas as perdas e desperdícios decorrentes da execução da estrutura de concreto, com base nos registros dos formulários e medições na obra registradas em planilhas identificando a utilização de insumos para além do previsto nos projetos, orçamentos e conforme memorial descritivo.

Para a identificação das perdas, foram enfatizadas as seguintes questões:

1. Houve utilização de material para além do orçado?
2. Qual o percentual de material que foi perdido?

O resultado da execução da estrutura foi analisado sob o ponto de vista das inconformidades que poderiam implicar em retrabalhos e a utilização de

materiais extra orçamento. Para esta análise destas perdas foi considerado o resultado final das peças de concreto da estrutura e a identificação das origens e possíveis consequências.

### 3.3.1 Estrutura de concreto: prumadas das fachadas

Com relação às prumadas da edificação, foram realizadas medições após a divisão da edificação em dois setores simétricos (01 e 02) considerando o eixo formado pela circulação vertical até a área de serviço. As medições foram registradas em uma planilha baseada nos pontos de controle arbitrados na planta do pavimento tipo (Figura 14).

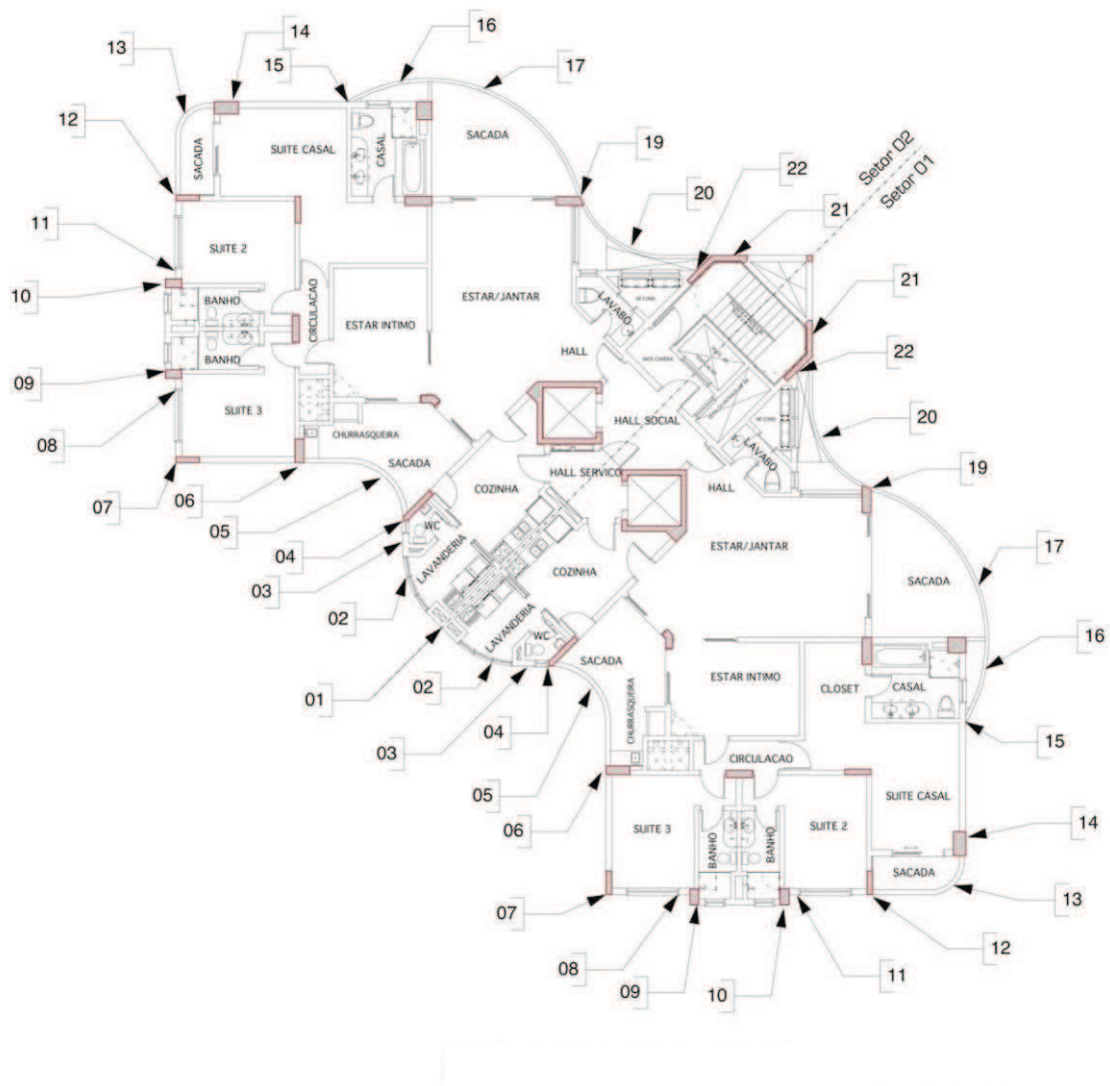


Figura 14 – Planta Baixa do Pavimento Tipo com Pontos de Controle de conferência de prumo – sem escala.

As medidas foram coletadas em todos os pavimentos tipo nos pontos de controles arbitrados na estrutura de concreto (anexo 11). Foi fixado um arame na última laje distando 10 cm até o mezanino. Na extremidade inferior do arame foi preso um peso, criando um prumo de referencia (Figura 15).

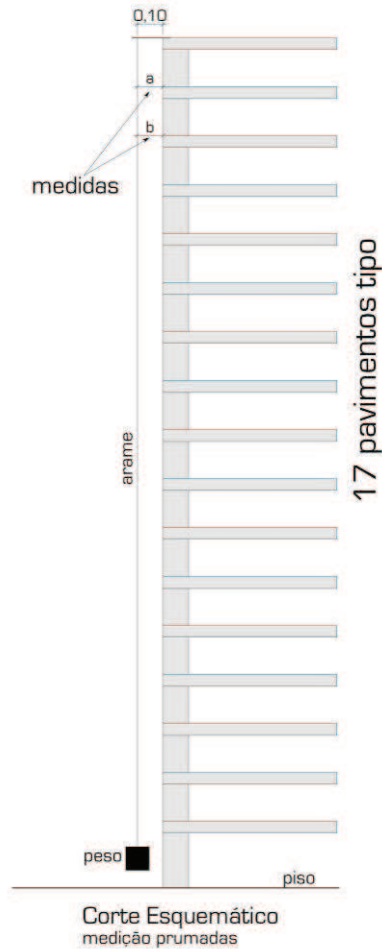


Figura 15 – Corte Esquemático de Conferência do Prumo – sem escala.

A planilha com os registros das medidas foi montada com o objetivo de comparar os valores máximo e mínimo das prumadas. As medidas foram realizadas sempre no mesmo ponto de controle - estrutura de concreto.

A variação entre os valores máximo e mínimo nas medidas das prumadas das fachadas onde se tem a superfície plana será determinante para a quantificação de material extra que foi utilizado para a correção dos prumos nas fachadas.

### 3.3.2 Estrutura de concreto: esquadros internos

Um segundo conjunto de medições se relacionou com o controle do esquadro no espaço interno das salas nos apartamentos tipo. Nesses espaços, o projeto determina para o piso, o assentamento de porcelanato com junta seca, conseqüentemente, não permitindo variação de esquadro. Nesta situação, o controle do esquadro entre os pilares P21 e P26 - pilares da caixa do elevador – define o esquadro da sala, hall social e estar íntimo (Figura 16).

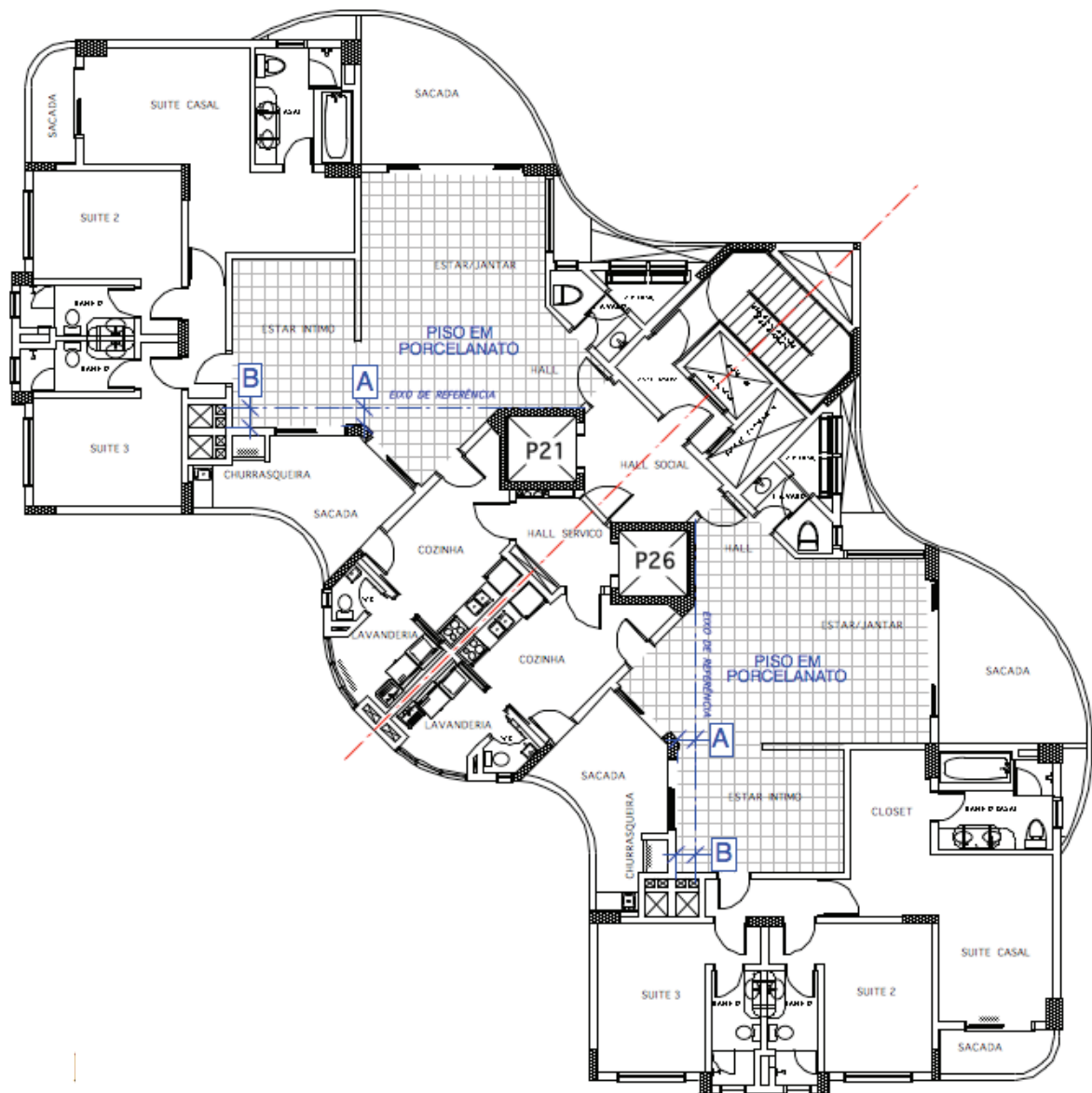


Figura 16 – Planta Baixa do Pavimento Tipo com Pontos de Controle de conferência do esquadro interno – sem escala.

A locação e a geometria dos pilares P21 e P26 são fundamentais para a formação de ambientes que necessitam de um esquadro correto.

A simetria entre estes pilares define o posicionamento do conjunto da estrutura de concreto da edificação. Ressalta-se também a importância desses pilares por serem elementos estruturadores da caixa dos elevadores do edifício.

Estes pilares possuem fôrmas diferenciadas em consequência de suas grandes dimensões comprometendo o manuseio dos painéis. Uma de suas faces possui 2,10 m de comprimento e faz divisa com a sala de estar do apartamento padrão definindo o ponto de partida do esquadro para o piso da área social do apartamento.

Nesta pesquisa, foram registradas apenas as medidas dos apartamentos que não sofreram alteração no layout. Estas medidas foram registrados e sistematizados em uma planilha com o objetivo de verificar as possíveis diferenças de esquadro e permitir quantificação do acréscimo de reboco necessário à correção dos esquadros das paredes.

### **3.3.3. Perdas decorrentes de incompatibilidade de projetos**

As análises dos projetos e documentação da obra permitiram a confrontação com os problemas registrados nos questionários. As incompatibilidades identificadas foram analisadas à luz das soluções apresentadas em projetos.

Após as identificações de situações de conflitos de projetos, estes foram analisados sob uma plataforma digital de TIC com a utilização de um software CAD com pacote BIM que nos permitiu visualizações da edificação em 3D.

O projeto de arquitetura foi elaborado pela empresa incorporadora na plataforma CAD-AutoDesk versão 2004. Este arquivo de desenho 2D com extensão dwg foi importado para a plataforma REVIT-AutoDesk versão 2010 sendo assim realizado a migração para a solução BIM.

Após a migração do arquivo 2D o novo arquivo digital passou por um processo reconhecimento das dimensões bidimensionais e em seguida foi redesenhado com a inserção das dimensões de alturas constantes nos desenhos dos cortes, fachadas e detalhes.

A identificação dos objetos/ou elementos construtivos foram categorizadas conforme nomenclatura do software: famílias de alvenarias, esquadrias, estrutura (laje, pilares e vigas). Este procedimento despendeu 30 horas utilizando um computador core 2duo com 2GB de memória RAM na plataforma WINDOWS.

Com o novo arquivo concluído, foram geradas imagens 3D das situações identificadas na obra que apresentavam incompatibilidade de projeto e analisada a possibilidade de visualização antecipada desses problemas ainda na fase de projeto.

No decorrer da obra, foram acompanhadas as soluções adotadas para cada uma das incompatibilidades e suas conseqüências.

### **3.4 Etapa 04 - Identificação de oportunidades de melhorias**

Para concluir, a etapa quatro apresenta um conjunto de proposições no sentido de estabelecer procedimentos para a minimização destas perdas e desperdícios com a identificação de oportunidades de melhorias no processo.

As respostas para as indagações apresentadas nas etapas anteriores são fundamentais para elevar o desempenho em obras similares e possibilitar a retro alimentação de informações que, conforme declarações do atual coordenador de projetos, são recorrentes em seus canteiros de obras.



## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

---

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos nas quatro etapas da pesquisa.

### 4.1 Etapa 01 - Análise dos Projetos e Documentação

Antes de iniciar a análise da execução da estrutura de concreto, foi realizada a caracterização do estudo de caso. Um edifício residencial, com o objetivo de compreender o projeto com um todo e estabelecer uma maior intimidade com a proposta arquitetônica adotada pelo projetista. Entende-se que esta compreensão justifica alguns critérios adotados no processo construtivo, principalmente no projeto estrutural.

#### 4.1.1 Projeto Arquitetônico

A solução para projeto arquitetônico do edifício residencial segue uma tendência de proposta mista, onde o projetista lança um eixo de simetria a 45°. Solução pouco convencional do ponto de vista do conceito de construtibilidade bem como definindo para as algumas extremidades da edificação, uma proposta mais orgânica impondo algumas dificuldades construtivas.

Nos pavimentos tipo, o projeto é dividido em dois setores simétricos. Um eixo a 45° graus separa os dois apartamentos que compõe o pavimento tipo. Este eixo segue pela parede que divide as áreas de serviços dos apartamentos, cozinha e lavanderia, segue pelo hall de serviço, hall social, e a caixa da escada.

Estas condições geométricas na planta baixa do pavimento tipo, onde a simetria da estrutura de concreto se dá a 45° graus provoca um elevado grau de complexidade para a marcação da obra e conseqüentemente o lançamento da estrutura.

Na circulação vertical (caixa de elevadores), os pilares P21 e P26) possuem forma geométrica quadrada estando posicionados simetricamente ao eixo de simetria da edificação. Estes pilares são determinantes na definição de ambientes como o hall social e a sala/jantar. O posicionamento desses pilares define o esquadro da sala, que por especificação do memorial descritivo, o piso será em porcelanato com junta seca, não permitindo variações no esquadro. Entretanto, qualquer falha na locação ou mesmo na geometria desses pilares poderá implicar em retrabalhos para a correção nos revestimentos (Figura 17).

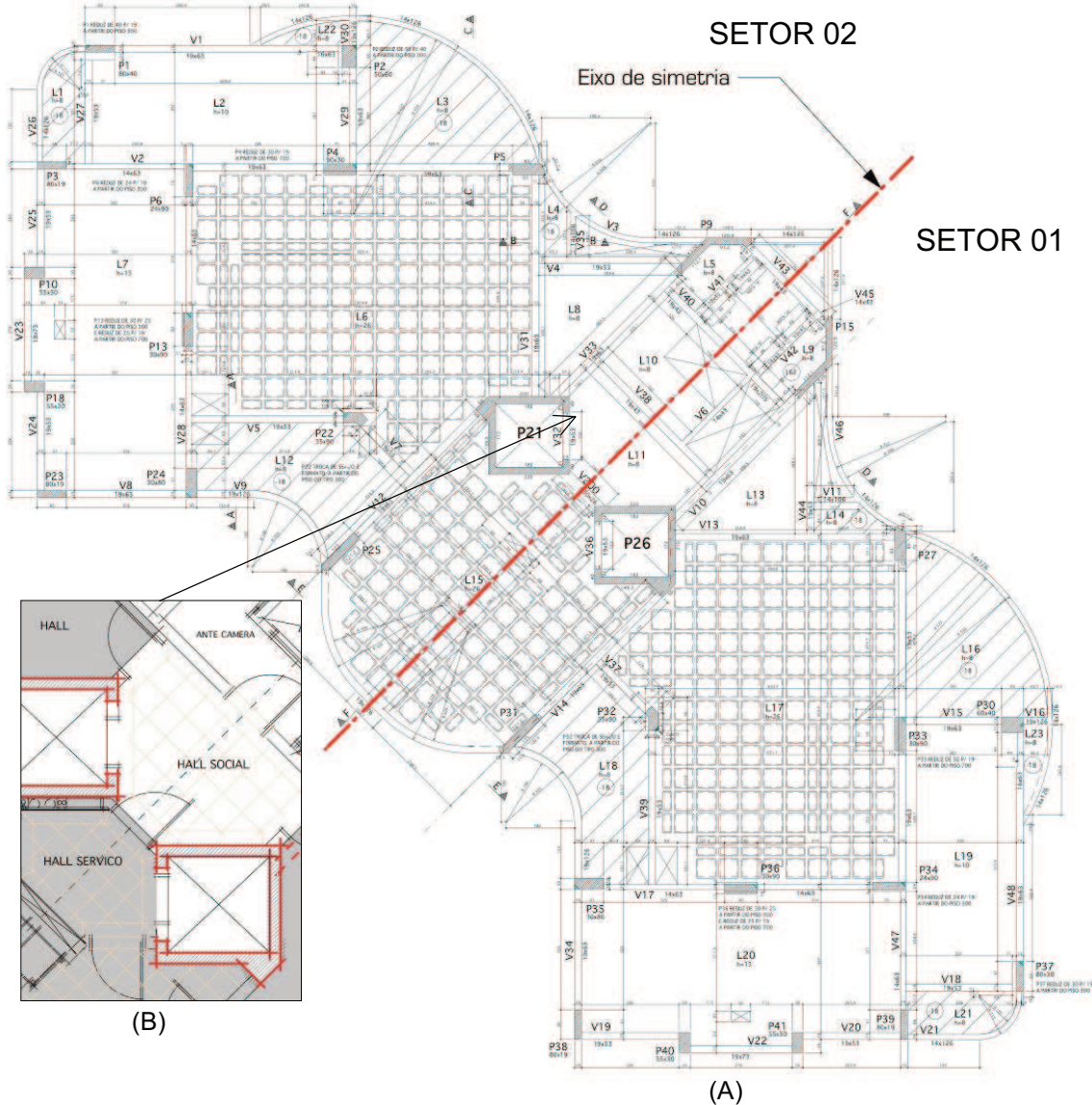


Figura 17 – (A) Planta Baixa do Projeto Estrutural do Pavimento Tipo. (B) Detalhe — sem escala.

A forma predominante em planta baixa da edificação é um “L” simétrico. As sacadas da área social, dormitório do casal e da lavanderia possuem forma curva. As vigas de borda (guarda corpo) foram executadas com um jogo fôrma metálica que foi utilizada em todos os pavimentos. O elemento curvo, como o guarda corpo da sacada no perímetro da edificação, sem a continuidade da alvenaria de vedação, cria uma condição favorável ao revestimento externo pelo fato de não haver a preocupação com o prumo perfeito. Portanto, esta condição geométrica trouxe alguns benefícios no acabamento final.

As outras fachadas, possuem superfícies em alvenaria plana com esquadrias alinhadas e aprumadas. Estas fachadas vão requerer maior preocupação quando da execução do acabamento final, emboço e plaquetas cerâmicas, pois as possíveis falhas nas prumadas dos pilares e vigas de borda da estrutura de concreto acarretarão a necessidade de correções nas alvenarias de vedação e nos revestimentos. Estas correções por sua vez, implicam em perdas incorporadas, geração de resíduos, retrabalho com mão-de-obra extra, aplicação de materiais extra-orçamento. Para além destas perdas e desperdícios, estas inconformidades ainda poderão provocar patologias no revestimento externo da edificação (Figura 18).



Figura 18 – (A) Fachada Plana. (B) Sacadas em Curva.

#### 4.1.2 Projeto de Paginação

O projeto de paginação das alvenarias internas e de vedação obedeceu ao projeto arquitetônico padrão. Considerando a existência de grande variedade de tamanhos na modulação dos blocos cerâmicos, a paginação da alvenaria de blocos deve ser projetada conforme os vãos evitando o corte dos mesmos. Desta forma, a característica modular lhe confere vantagens de utilização de uma maneira racionalizada, minimizando a geração de resíduos, desperdícios e perdas de materiais incorporados.

Além dessa importante característica (fidelidade dimensional e vários padrões) os blocos cerâmicos poderão ser customizados de forma a incorporar espaços em sua estrutura para acomodar as tubulações eliminando os corte nas alvenarias já erguidas contribuindo para a redução da geração de resíduos (Figura 19).



Figura 19 – Alvenaria com Blocos Cerâmicos.

Para a elaboração do projeto de paginação, foram utilizados 6 padrões dimensionais distintos de comprimento para executar as alvenarias: 4, 9, 14, 21, 24 e 29 cm tendo em algumas paredes, a indicação de utilização de padrões, situação que dificultou a execução da mão-de-obra.

Obviamente que a complexidade do projeto arquitetônico sendo incorporada na solução do projeto estrutural gerou situações que em determinados locais, a tipologia de alvenaria com blocos cerâmicos não se justificaria. Esta solução foi utilizada conforme seria uma alvenaria de tijolos comuns, sem a devida necessidade de peças com tamanha fidelidade nas dimensões e robustez.

O projeto arquitetônico padrão serviu de referência para a definição dos projetos de estrutura de concreto e complementares. A obra iniciou com base no layout interno padrão do pavimento tipo.

Os proprietários, através de diversos escritórios de arquitetura, alteram o layout interno dos apartamentos sem a devida preocupação da modulação dos padrões dos blocos cerâmicos. Estes novos projetos internos seguem apenas os condicionantes estabelecidos nos projetos de instalações. Ou seja, não é compatibilizado com paginação da alvenaria de blocos cerâmicos, conceito definido para toda edificação.

Os novos projetos com o layout interno não são, desta forma, elaborados à luz dos princípios e conceitos da paginação racionalizada e otimizada, implicando em cortes de blocos e preenchimentos com argamassas.

Desta forma, a obra segue seu cronograma utilizando os materiais especificados, neste caso, blocos cerâmicos na modulação conforme paginação do projeto arquitetônico padrão. Portanto, as soluções de incompatibilização são decididas na obra entre o engenheiro residente e os operários responsáveis por esta atividade.

Para além das situações de incompatibilidade não previstas nos projetos de paginação dos novos projetos, a Figura 20 apresenta no projeto de paginação do projeto padrão uma situação de clara incompatibilidade com a proposta de utilização de blocos cerâmicos. As portas de entrada no hall social e do hall de serviços (Detalhe 1) dos apartamentos necessitam de uma gola de 15 cm que se une às arestas dos pilares P21 e P26.



Uma outra incompatibilidade se apresenta na porta que dá acesso à cozinha dos apartamentos, as alvenarias tem forma em ângulo de 45° graus, sendo incompatível com a boa prática no assentamento desses blocos (Detalhe 2).

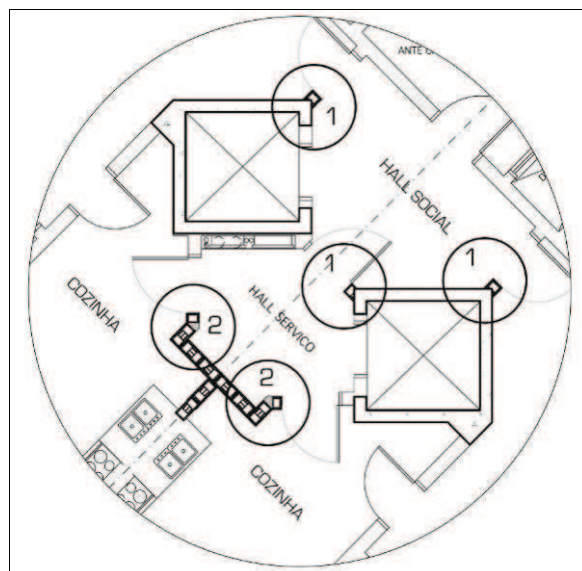


Figura 20 – Detalhes do Projeto de Paginação da Alvenaria – sem escala.

Após a identificação do problema apresentado na Figura 20 (Detalhe 1), a gola executada em blocos cerâmicos não se fixava à aresta do pilar, foi tomada uma decisão na obra de utilizar uma coluna em concreto armado “grampeada” e incorporada ao pilar da caixa do elevador (Figura 21).

Para a execução desta gola em concreto armado, foi realizada uma furação seqüencial vertical nas duas faces do pilar (alinhados pela aresta) para a colagem de uma armadura de aço. Em seguida foi montada uma fôrma em compensado resinado na forma de “U” para a concretagem da gola.

Na outra situação (2), o bloco foi cortado e o espaço entre os blocos foi preenchido com argamassa de assentamento dos blocos (Figura 21).

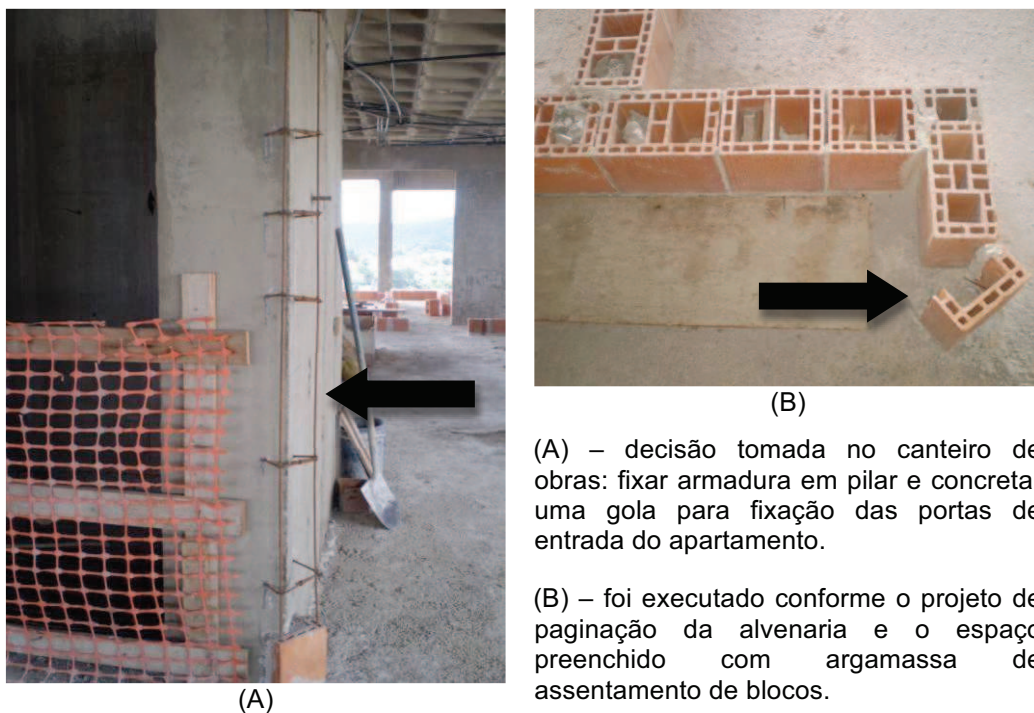


Figura 21 – (A) Gola da porta de entrada principal. (B) Alvenaria da área de serviço.

Estas situações são reflexos da decisão da utilização deste tipo de bloco cerâmico para execução das alvenarias internas. Esta decisão talvez tenha provocado essa incompatibilidade entre o projeto estrutural e o projeto arquitetônico. Assim, conforme a Figura 21(A), a solução adotada corrigiu o problema do projeto provocando retrabalho e desperdício, implicando em gastos extra orçamento em mão-de-obra e material.

#### 4.1.3 Projeto Estrutural

O projeto estrutural foi elaborado conforme projeto arquitetônico, prevendo as alterações de cargas provenientes das alterações do layout dos apartamentos. O projeto estabelece uma estrutura reticulada em que as transmissões dos esforços ocorrem através dos elementos isoladamente: pilares, viga e lajes caracterizados como um conceito tradicional. A estrutura de concreto armado foi moldada no local.

Na obra existe apenas um elemento que foge a este conceito tradicional: a escada - elemento de circulação vertical da edificação que foi executada em concreto armado pré-fabricado. A solução da execução dos lances da escada através de vigas, patamares e espelhos em peças de concreto pré-fabricado, ancorados em patamares de concreto armado intermediários pertencentes à estrutura do edifício, foi avaliada como exitosa. Não houve execução de fôrmas de escada, peças que geralmente são muito complexas e, considerando que temos 42 lances, a fôrma seria refeita diversas vezes. (Figura 22).



Figura 22 – (A) Vista Geral externa da Estrutura. (B) Detalhe da Escada pré-fabricada.

Para as lajes em concreto do tipo maciça e no teto do respectivo pavimento inferior não foi previsto forro rebaixado, apenas reboco em pintura. Nas áreas social e de serviços do pavimento tipo, o projeto estrutural definiu vãos maiores com a utilização de uma laje nervurada e protendida, reduzindo a quantidade de pilares e vigas.





Na Figura 24(B) apresenta a simulação virtual em 3D da Figura(A), Neste caso, podem ser observadas duas vigas em conflito com a caixa do elevador (construída em concreto e considerada como parte da estrutura). Esta solução exigiu a execução de uma forma complexa, de baixo índice de reaproveitamento, impedindo ainda a execução de forma metálica.

Os resultados são maior custo, perda de materiais, retrabalho (necessidade de confeccionar novamente dois trechos da forma a cada pavimento), dificuldade de desmoldagem e baixa qualidade de acabamento. Verifica-se ainda na Figura 24(A) que existem partes da forma ainda aderidas ao concreto, evidenciando a dificuldade de desmoldagem.

Neste caso a visualização 3D ainda na fase de elaboração dos projetos, poderia ter evitado o problema, sugerindo uma configuração mais simples para a estrutura neste trecho.

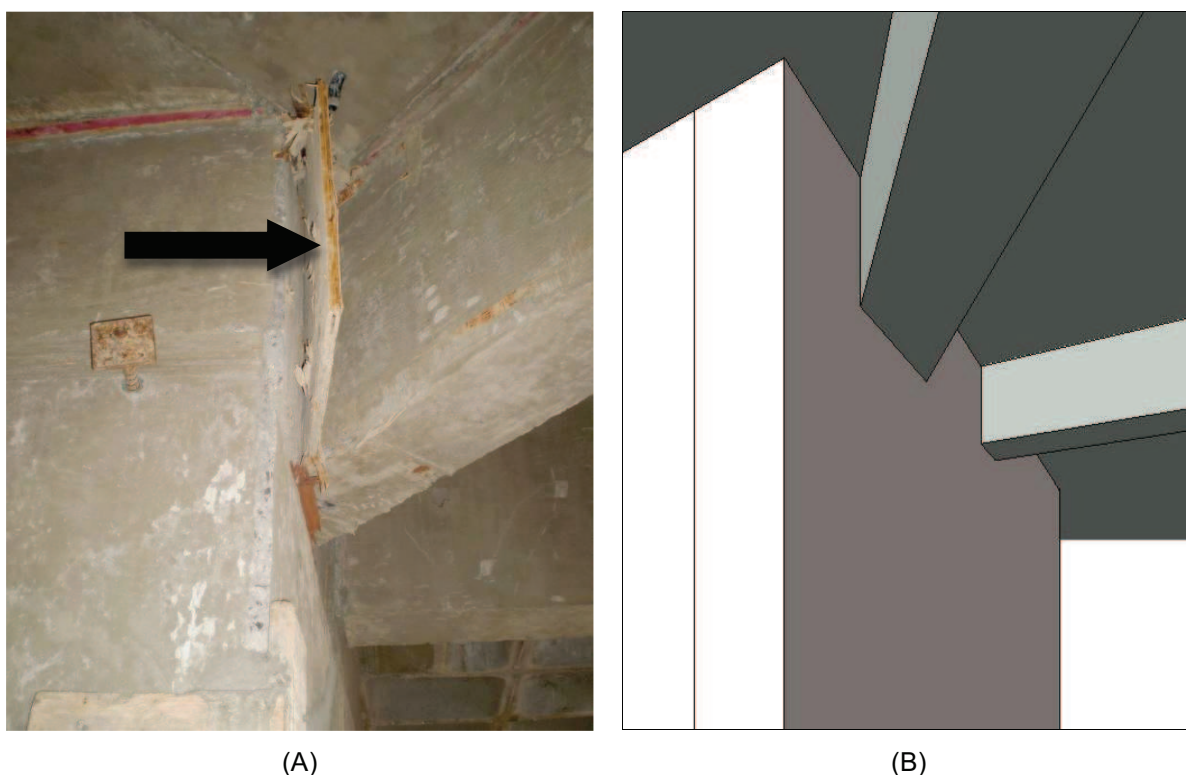


Figura 24 – (A) Foto da Viga e Pilar do elevador. (B) Simulação 3D do detalhe (A)

Na Figura 25(A) pode-se verificar que a estrutura não coincide com o segmento de alvenaria localizado acima da porta do hall de entrada, ou seja, a locação da estrutura está deslocada em relação à locação da alvenaria, acarretando em dificuldades de encunhamento/modulação da alvenaria. Detectado o problema na obra, a solução encontrada foi a aplicação de forro rebaixado em gesso nos 17 pavimentos, o qual não estava previsto no projeto.

Verifica-se que a visualização através simulação virtual 3D (Figura 25 (B)) poderia ter evitado este problema, indicando a alteração da posição da parede de entrada ou o deslocamento da viga. Esta compatibilização da alvenaria e estrutura também evitaria a construção do segmento sobre a porta até a laje nos 34 apartamentos.

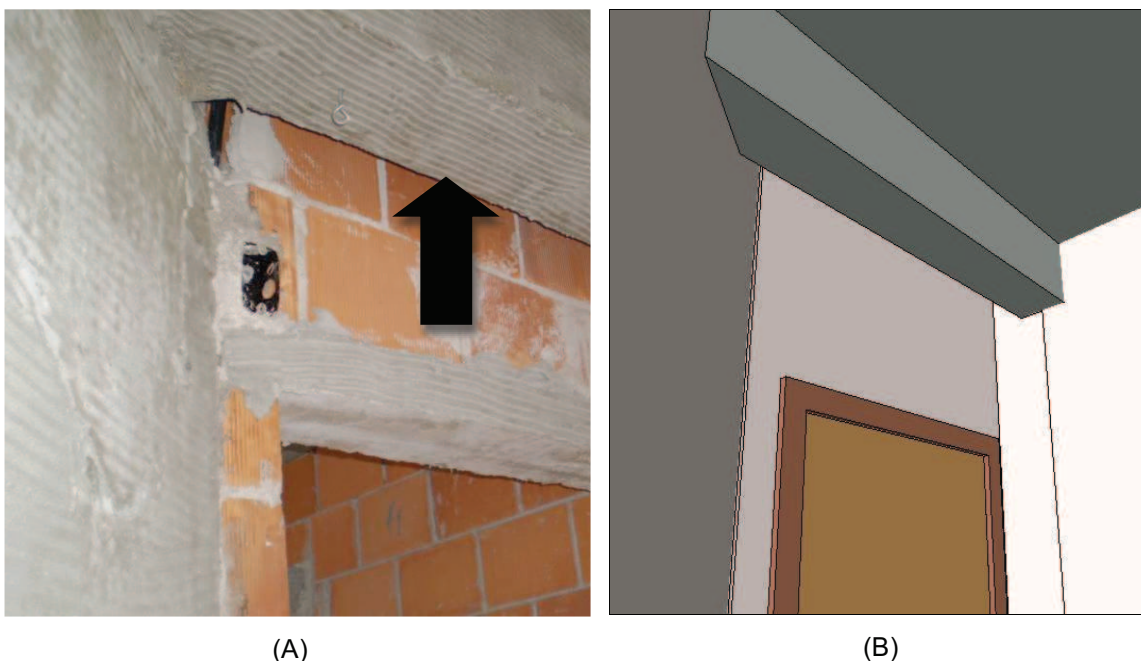


Figura 25 – Fotos do hall de entrada dos apartamentos tipo

Os pilares assinalados na Figura 23 compõem a circulação vertical. A caixa da escada é composta por dois pilares (P9 e P15) de grandes dimensões em ângulo aberto com 135° determinando uma condição que determinou a execução de uma fôrma com grande painéis e de grande dificuldade de desfôrma. Em todos os pavimentos a fôrma ficava bastante danificada, necessitando de reparos e substituições.

Em todos os pavimentos foi observada a necessidade de retrabalhos e adição de materiais extra-orçamento (argamassa de revestimento) para corrigir as imperfeições na estrutura de concreto e na regularização entre a estrutura e a alvenaria de vedação (Figura 26).

Comparando com o projeto de fôrmas observa-se que a execução das fôrmas dos pilares P9 e P15, que apresentam geometria complexa, não foi obedecida. Como consequência, além da dificuldade de execução, inerente ao processo, e a sua complexidade geométrica, restaram em todos os pavimentos defeitos nas superfícies dos pilares, que implicaram em retrabalhos com a utilização de mão-de-obra e materiais extra orçamento para correção de esquadros, prumos e superfície. Nestes pilares, também foi observado a utilização de rompedores de concreto para a retirada do excesso oriundo da expansão das fôrmas, gerando resíduo.



Figura 26 – (A) P15 com falhas. (B) Fôrmas dos P9 e P15.

#### 4.1.4 Fluxo de Informação

A empresa incorporadora tem grande experiência na construção desta tipologia de edifícios residenciais de padrão médio-alto, focado em um cliente que, segundo o atual coordenador de projetos da empresa, tem preferências na localização do empreendimento. Sendo assim, uma das primeiras decisões é a

localização: terreno em um bairro de valor imobiliário elevado e que possua infra-estrutura completa.

A empresa tem decidido em seus empreendimentos a delegação do projeto arquitetônico a um mesmo escritório da cidade; esta condição é reforçada pelo coordenador, por entender que este profissional tem antigos vínculos com a empresa e uma imensa afinidade com a sua proposta de partido arquitetônico.

Os projetos complementares, tais como: estrutural, de instalações hidrossanitárias e elétricas, de prevenção e combate a incêndios foram executados por uma empresa especializada.

Os demais projetos e documentação como paginação da alvenaria de blocos cerâmicos, orçamentos, memoriais, detalhes e soluções construtivas foram elaboradas e definidas dentro da empresa incorporadora, através do seu quadro técnico de profissionais e estagiários.

A empresa incorporadora, apesar de líder no mercado de produção de edifícios, não tem tradição na execução das construções, suas obras eram executadas por uma empresa prestadora de serviços, uma empreiteira que até pouco antes de iniciar a obra do edifício, foi dissolvida e seus funcionários assimilados pela empresa incorporadora dando início a uma nova fase da empresa: executar e administrar as obras.

Estes esclarecimentos são pertinentes para que se conheça a inexperiência da empresa na execução propriamente dita da obra e suas consequências no fluxo de informações.

Em entrevista realizada com o engenheiro residente, este informou que a transição da mão-de-obra da empreiteira para o quadro funcional da empresa incorporadora foi um processo bem delicado, e reconheceu a falta de *know-how* no gerenciamento e determinação de equipes de mão-de-obra. Esta situação provocou atrasos no cronograma de atividades do empreendimento.

As decisões dos materiais foram tomadas entre os técnicos da empresa incorporadora fundamentados em experiências de obras anteriores e custos. Porém, no decorrer da execução da obra, o engenheiro responsável foi substituído por duas vezes, bem como o encarregado geral. A fragmentação das etapas e a não participação do processo desde seu início – planejamento do empreendimento - acarretam hiatos na compreensão do processo construtivo e suas particularidades e especificidades, originando quebra de fluxo de informações.

A fragilização no fluxo de informações evidenciou-se sobremaneira na compatibilização entre os projetos executivos, onde observamos, as seguintes situações:

1. Em todos os pavimentos tipo, o projeto arquitetônico prevê as portas principais dos apartamentos e a porta de acesso ao hall de serviço ligadas a uma aresta dos pilares 21 e 26 através de uma gola de alvenaria (alvenaria em bloco cerâmico), que foi substituída na obra por um acréscimo em concreto armado. Esta solução não foi prevista no projeto estrutural (Figura 25 (A)).
2. A fragilidade no fluxo de informação pôde também ser observada nas junções da viga 33 com o pilar 21 e da viga 10 com pilar 26 em todos os pavimentos tipo. Estas vigas estão acima da porta principal dos apartamentos não havendo harmonização com o projeto arquitetônico, impondo a construção de um segmento de alvenaria sobre a porta até a laje, bem como, a necessidade de um forro falso para cobrir a viga (Figura 29).
3. Foi definida pela empresa a utilização de um material com características específicas para uso modular e ortogonal (bloco cerâmico) apesar do projeto arquitetônico prever paredes em ângulos diferentes de 90°. Aos pilares da estrutura de concreto deveriam possuir uma padronização entre os vãos onde houvesse alvenaria. Constatou-se também que nos apartamentos que sofreram alteração nos seus layout



internos, os projetos arquitetônicos não foram submetidos à paginação de blocos. As soluções foram realizadas pelo encarregado da atividade, sem o devido critério técnico, para possibilitar reduzir a quebra de blocos e posterior preenchimento com argamassa.

#### **4.1.5 Estrutura de Concreto**

Em primeira análise é salutar o registro de que o projeto de estrutura foi obedecido na íntegra, porém foram observadas falhas nos procedimentos de execução dos projetos de fôrmas.

Foi utilizado na estrutura da obra concreto usinado e bombeado, fornecido por uma concreteira da região com resistência de 35 MPa. Lançado e vibrado pelos operários da incorporadora. A armadura de aço da estrutura de concreto foi executada no canteiro de obras seguindo as definições técnicas do projeto estrutural.

A estrutura de concreto foi analisada tendo como base as seguintes categorizações, observadas e registradas através de entrevistas, visitas à obra e registro fotográfico.

##### **a. Alinhamento de Pilares de Borda da Edificação**

Os pilares de borda são fundamentais para a definição da prumada e do revestimento externo, as alterações em sua geometria, locação e prumo, poderão provocar alterações nas quantidades de materiais do revestimento final da edificação, esta preocupação norteou a observação em tela. Para a análise foram identificados os pilares de borda para o pavimento tipo: P1, P3, P10, P18, P23, P24, P25, P35, P38, P40, P41, P39, P34, P37, P27, e P5.

1. Os moldes das fôrmas foram executados em compensado 18 mm resinado com gravatas, sarrafos e travessões em madeira maciça. As fôrmas dos pilares receberam de 0,46 m<sup>3</sup> a 0,86 m<sup>3</sup> de volume de concreto conforme suas dimensões. Todos os pilares possuíam forma retangular, regular e posicionado no perímetro da edificação determinando os limites da edificação sendo fundamental para a determinação dos prumos das fachadas.
2. O escoramento das fôrmas foi executado até a laje 13° com régua de madeira maciça sendo alterado para escoras metálicas com regulagem nas lajes posteriores. Esta ação apresentou resultados positivos na locação.
3. No resultado final, foi constatado falhas de locação e prumo em alguns pilares de canto, esta incidência implicou variações na regularização do revestimento externo.
4. O desmolde foi realizado com o emprego de ferramentas como pé-de-cabra apesar do uso de desmoldante provocando bastantes avarias nos painéis.
5. O desempenho pode ser considerado regular. O molde da fôrma foi executado com painéis atendendo a modulação determinada em projeto facilitando o desmolde. As fôrmas tiveram um ciclo de 4 vezes. Neste processo, foi verificado um enorme desgaste a cada ciclo de concretagem. Em todos os pavimentos houve a necessidade de intervenção corretiva com retrabalhos como desgaste por expansão da fôrma, bicheiras, falhas de concretagem, escarificação e cortes do excesso de concreto em decorrência da deformação na geometria das fôrmas resultando em superfícies que necessitam de preenchimento com argamassa de revestimento para corrigir o acabamento final com a alvenaria (Figura 27).



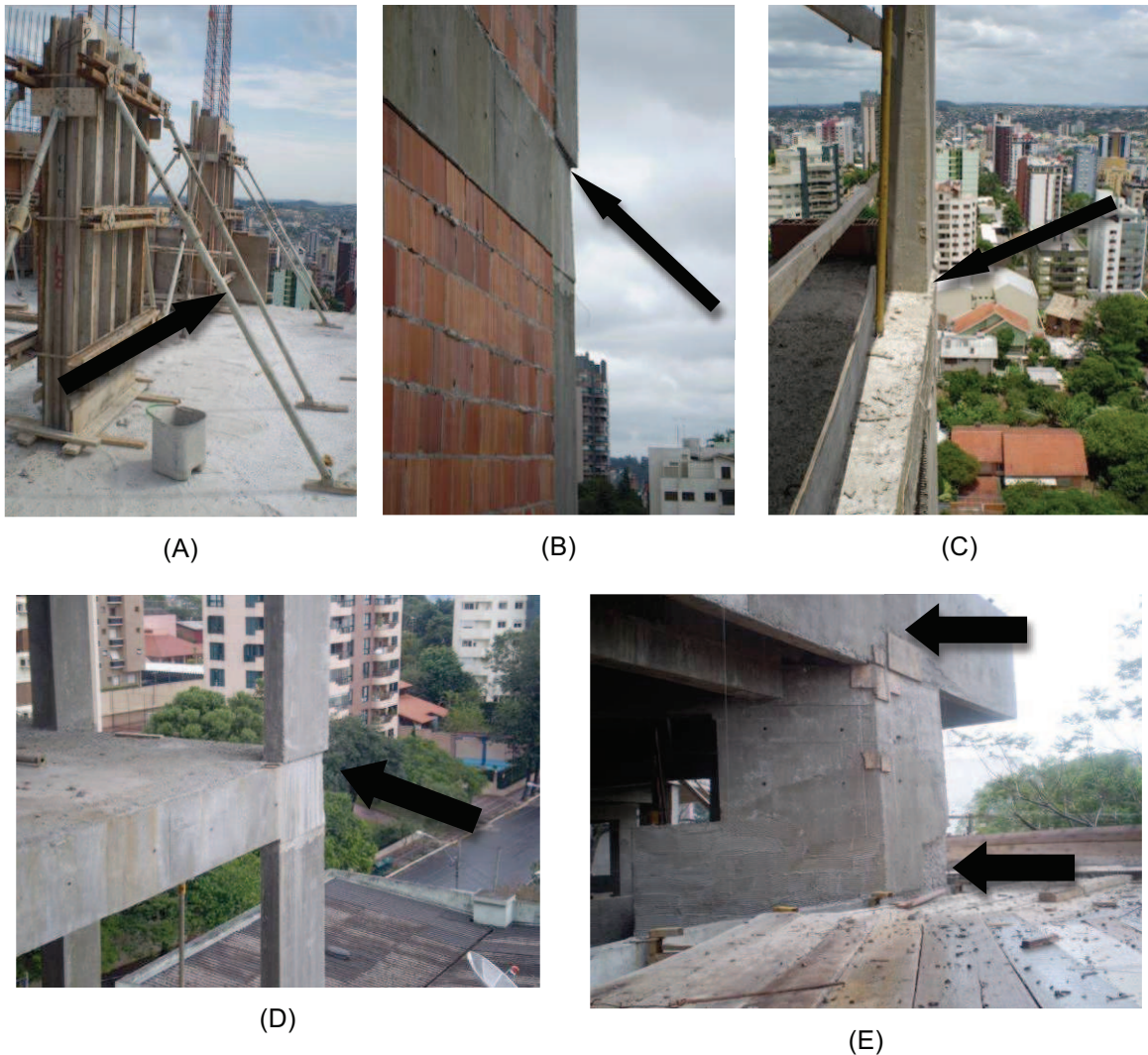


Figura 27 – (A) Escoramento Metálico. (B) Falha Geometria da Fôrma da Laje. (C) Falha locação Pilar. (D) Falha Locação Pilar. (E) Escarificação por deformação da Fôrma.

## b. Alinhamento de Pilares Internos da Edificação

Da mesma maneira que os pilares de borda, os pilares internos também demandaram observações específicas no que tange às suas locações e geometria. As falhas decorrentes de inconformidades de locação e geometria acarretaram comprometimento no esquadro dos ambientes internos. Estes

fatos tornam-se mais evidentes quando o piso destes ambientes necessita de esquadro conforme determinado no projeto arquitetônico, como por exemplo, porcelanato com junta seca. Este é o caso das salas de estar social e íntimo. Seguem comentários acerca dos pilares internos nos pavimentos tipo P21 e P26 que compreendem os pilares da caixa do elevador.

1. Os moldes das fôrmas foram executados em compensado 18 mm resinado com gravatas, sarrafos e travessões em madeira maciça para um volume de concreto de 4,00 m<sup>3</sup>. A implantação destes pilares é fundamental para a locação dos demais. As falhas no prumo, alinhamento e geometria podem comprometer a instalação dos elevadores. Estes pilares são peças retangulares com um vazio interno de 1,72 x 1,82 m para a instalação do elevador da edificação.
2. No resultado final, foi constatado falhas de locação e prumo em alguns pavimentos. A fôrma, provavelmente por grande esforço provocado pelo volume de concreto, provocou em alguns pavimentos a deformação na geometria.
3. O desmolde foi realizado com o emprego de ferramentas como pé-de-cabra apesar do uso de desmoldante provocando a quebra de alguns painéis.
4. O desempenho deste procedimento foi regular. A fôrma teve grande desgaste não suportando mais de 3 ciclos. O P26 teve uma torção e falha no prumo de 7cm no pavimento 8º sendo corrigido nos cinco pavimentos subseqüentes. Foi verificada deformações na geometria que obrigou a escarificação e corte de concreto para a regularização da peça. Outra falha relevante observada é a composição do esquadro que este pilar faz com pilares da sala de estar. A pouca resistência do molde e dos sarrafos implicaram em falhas na geometria provocando retrabalhos e a aplicação de argamassa de revestimento extra orçamento. (Figura 28).

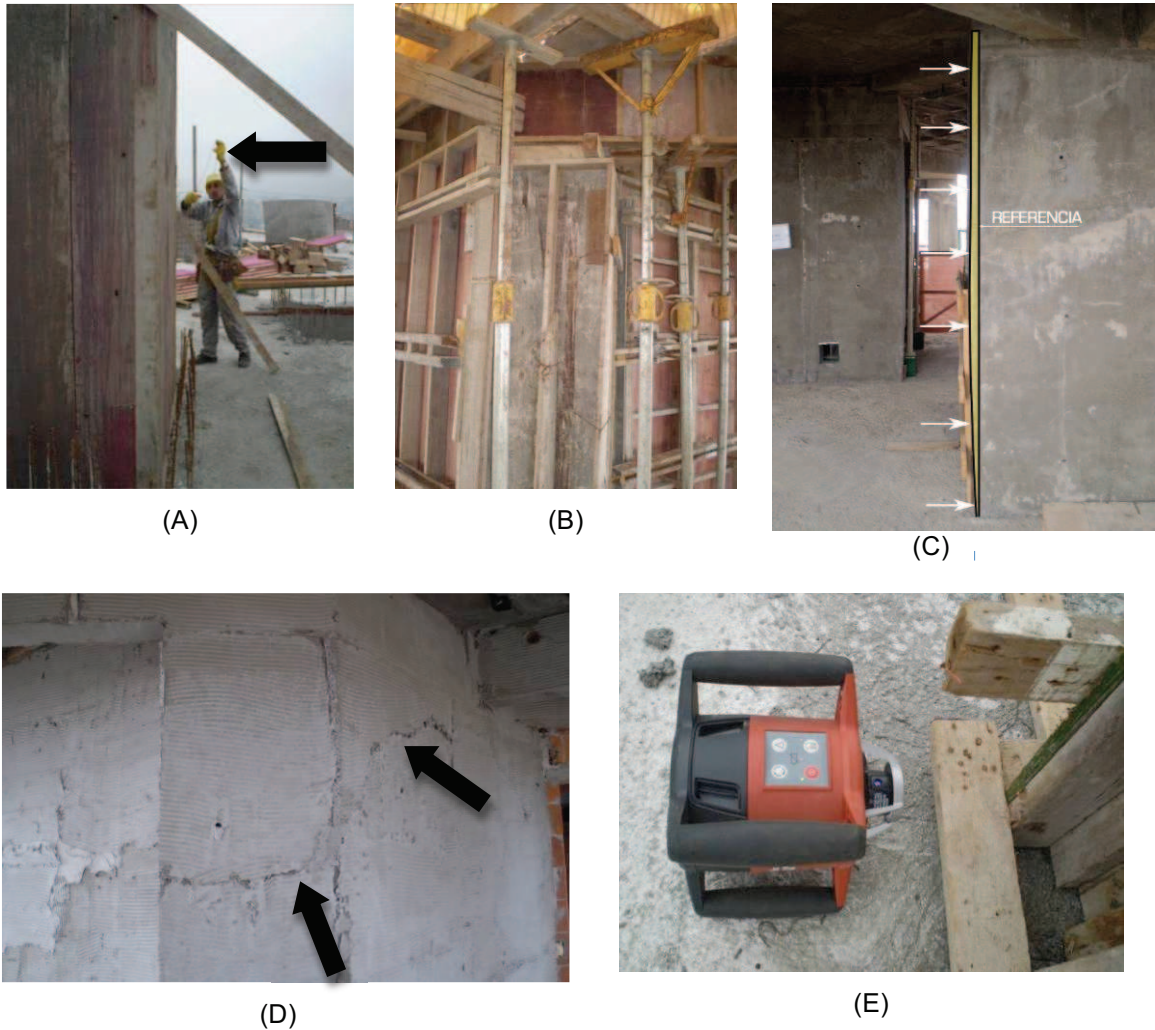


Figura 28 – (A) Conferencia de prumo do Pilar. (B) Fôrmas do Pilar. (C) Deformação na Geometria do Pilar. D) Falhas concretagem Pilar. (E) Prumo Laser.

### c. Falhas na Concretagem

Pilares da Caixa de Escada: Pilares P9 e P15 do pavimento tipo.

Os moldes destes pilares foram executados em compensado 18 mm resinado e as gravatas, sarrafos e travessões em madeira maciça para um volume de concreto de 1,90 m<sup>3</sup> para cada pilar. Sua forma geometria é semelhante a um “L” com ângulo de 135°. Estes pilares estão posicionados no perímetro da edificação e compõem a caixa da escada. Devido a complexidade e as grandes dimensões destes pilares, pode-se observar as fôrmas eram recuperadas e os



paineis dos moldes eram sempre alterados por peças extra completando o molde.

Estes pilares apresentaram em todos os pavimentos muitas falhas. Pode-se considerar que o desempenho desta etapa foi ruim. Foi verificado um grande desgaste a cada ciclo de concretagem e os painéis eram quebrados durante o desmolde obrigando a reposição das peças. Esta reposição foi realizada sem respeitar completamente o projeto de fôrmas comprometendo o molde e o resultado final. Em todos os pavimentos houve a necessidade de retrabalhos provocados por expansão da fôrma, deformação na geometria, falhas nas emendas do concreto, bexigas e irregularidades nas superfícies como degraus que tiveram que ser cortados ou escarificados para a retirada do excesso de concreto (Figura 29)

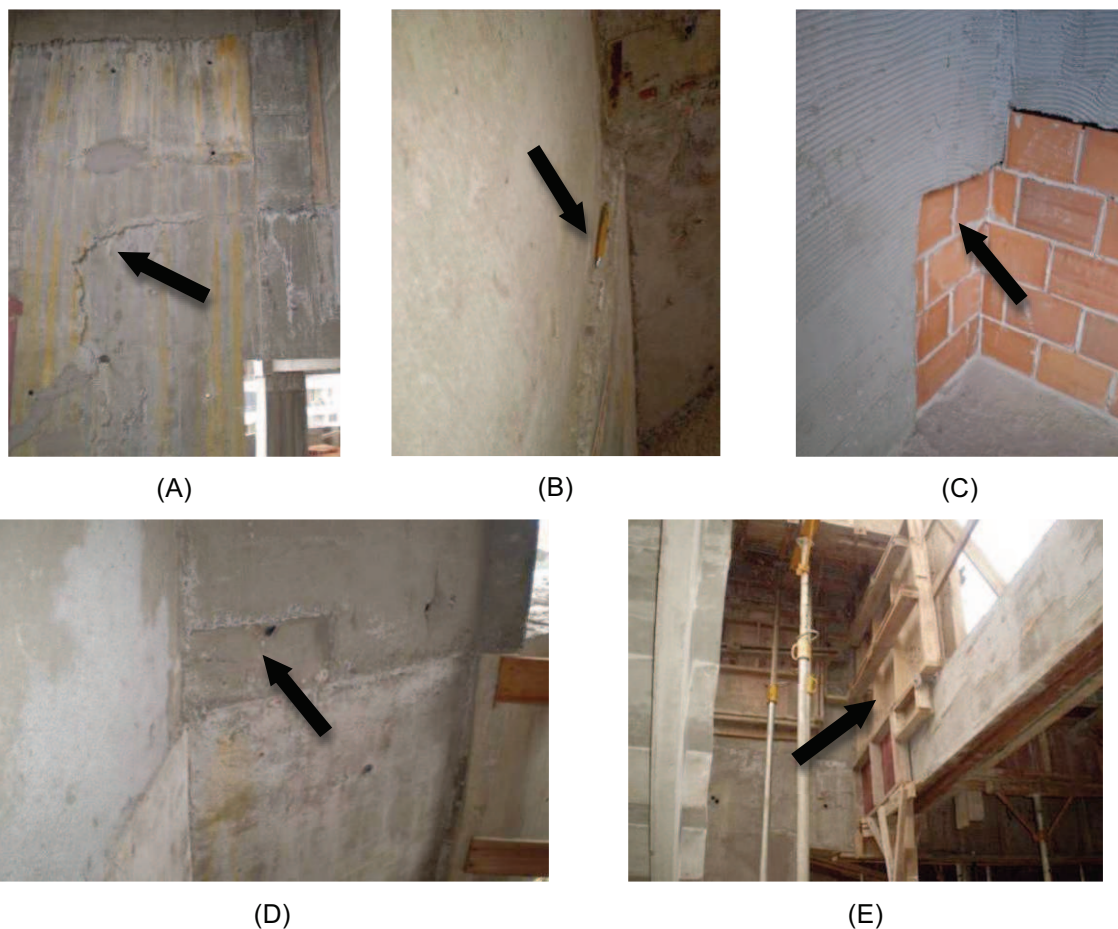


Figura 29 – (A) Falhas na concretagem. (B) Desnível na face do Pilar. (C) Falha na locação. (D) Falha na face do Pilar. (E) Montagem Fôrmas.

#### d. Fôrmas para concreto

O projeto de fôrmas não foi obedecido em sua integralidade. Foi verificado que os painéis das fôrmas dos pilares e vigas que compõem a circulação vertical - escada, não seguiram o projeto de fôrmas, sendo os mesmos executados através de pequenos painéis não regulares e sem atender a paginação estabelecida pelo projeto de fôrmas (Figura 30(A)).

O material utilizado para a execução das fôrmas contou com os moldes em compensado resinado. As gravatas, sarrafos e travessões em madeira maciça apresentaram um conjunto de baixa produtividade com apenas 3 ciclos de concretagem em perfeitas condições (Figura 30(B)).



Figura 30 – (A) Fôrmas sem Paginação. (B) Desgaste das Fôrmas. (C) Fôrma Metálica.

Em relação à locação, observaram-se falhas no posicionamento e nos prumos de algumas peças. O escoramento das fôrmas foi executado através de régua de madeira maciça.

Apesar da existência no canteiro de obras de equipamento eletrônico de controle de prumo (Figura 28(E)), foi verificado uma baixa utilização deste equipamento, sendo o prumo tradicional prumo de peso que não estando compatível para este padrão de construção como instrumento de conferência principal de prumo (Figura 28(A)).

Pode-se observar também que mesmo que se utilize um equipamento de alta fidelidade como o prumo laser, o sistema de fôrma adotado não apresentava um desempenho satisfatório. Em pilares e vigas com seção retangular e de fácil locação, muitas vezes, a locação e a geometria foram comprometidas pela utilização de painéis remendados e com um grande mistura de peças de madeira ainda sem uso com outras que já não poderiam mais ser utilizadas.

O escoramento em madeira também dificultou bastante a manutenção dos prumos durante a concretagem. Apenas após a concretagem do 14º pavimento tipo é que foram utilizadas escoras metálicas, condição que permitiu um melhor controle de prumos (Figura 31).

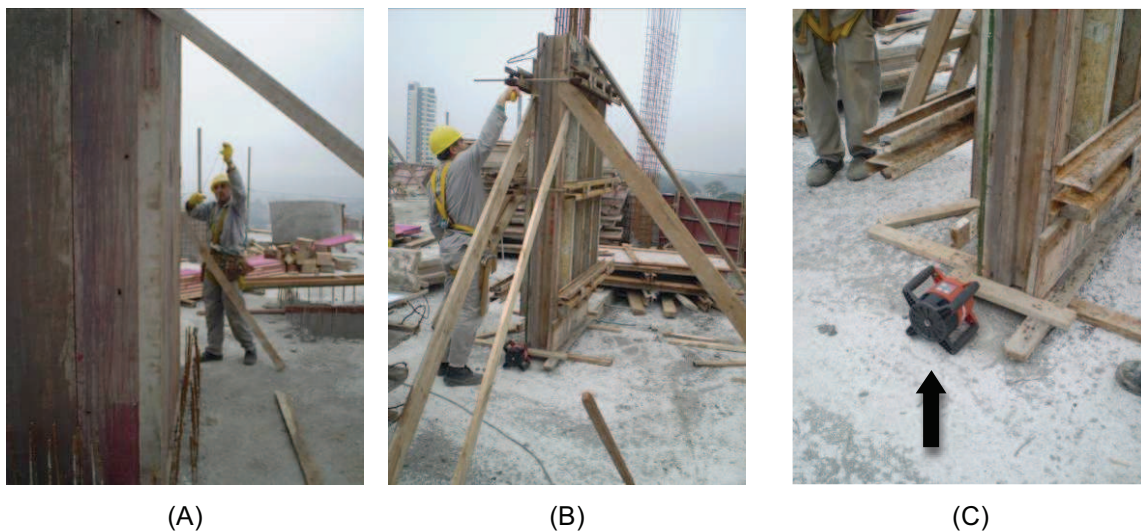


Figura 31 – (A) Prumo tradicional de peso. (B) Conferência de prumos. (C) Prumo Laser.

Essas divergências de prumos e as imperfeições decorrentes da montagem dos painéis das fôrmas com a utilização de peças de tamanho reduzido e com várias emendas implicaram em peças com defeitos nas superfícies (Figura 32). Estas peças tiveram que ser desbastadas com ponteiro manual ou rompedor elétrico e, outras vezes, como solução para correção das imperfeições na superfície, prumos e esquadros. Foi realizado um enchimento com argamassa de revestimento para além do especificado. Esta situação, provocou geração de resíduos, acréscimo em mão-de-obra e materiais que não constavam no orçamento da obra.



(A)



(B)

Figura 32 – (A) Fôrmas desgastadas. (B) Fôrmas “emendadas”.

Para as sacadas em forma de curva da edificação, a solução para a execução da viga de borda (guarda-corpo) foi bem satisfatória. Foi utilizada uma fôrma metálica (Figura 30(C)). Foi montado apenas um conjunto de fôrma para o pavimento tipo, formando as vigas de guarda-corpo das sacadas, e reutilizadas em toda a obra sem necessitarem de reformas. Esta condição garantiu uniformidade no resultado das peças.

#### **e. Alvenaria de Blocos Cerâmicos**

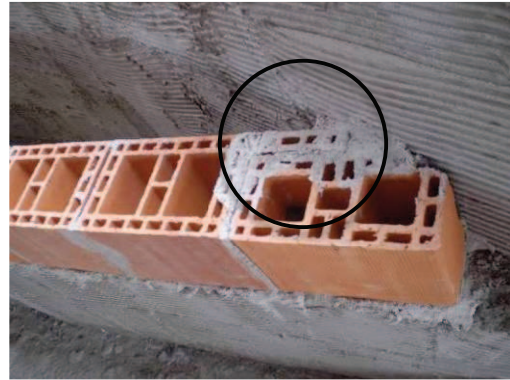
O projeto de paginação seguiu o projeto arquitetônico padrão elaborado pela própria empresa incorporadora utilizando seis tamanhos (padrões de comprimento) de blocos para compor os vãos.

Na Figura 33 verifica-se quatro situações e conflito sob o ponto de vista do conceito da utilização do bloco cerâmico. A primeira situação (A) apresenta a junção de duas paredes em um ângulo diferente de 90° dificultando a amarração entre as mesmas. Para esta situação, o operário responsável pela tarefa improvisou amarrações com pedaços de blocos quebrados.





(A)



(B)



(C)



(D)

Figura 33 – (A) Alvenaria de Blocos a 45°. (B) Junção da alvenaria de Blocos com Viga. (C) Gola porta a 45°. (D) Incompatibilização da alvenaria e instalações.

Na segunda situação apresentada na Figura 33(B) é a junção da alvenaria com parte do guarda-corpo da sacada, que é curvo, também teve como solução a utilização de um bloco especial formada com a lateral do bloco e enchimento com argamassa para o encaixe da alvenaria e a viga curva da sacada.

Na Figura 33(C) apresenta a gola da porta de acesso à área de serviço do apartamento executada conforme o projeto de paginação, cuja solução, para a junção das alvenarias em ângulo de 45°, seria o preenchimento do espaço entre os blocos com argamassa. No desenvolvimento da obra, este espaço vazio foi sendo preenchido com restos de blocos quebrados.

Na quarta situação apresentada na Figura 33(D), ocorre um problema na compatibilização dos projetos de instalações, alvenaria de blocos e a execução

da concretagem da laje. Observa-se na imagem que os furos destinados às descidas das tubulações de água não coincidem com o bloco cerâmico hidráulico. Esta incompatibilidade foi observada em todas as lajes concretadas até o 8º pavimento tipo, tendo como solução o alargamento do furo na laje. A partir do 9º pavimento tipo a laje foi concretada sem a previsão dos furos, sendo estes realizados após a marcação das alvenarias.

#### **f. Resíduos da construção**

O processo de execução da estrutura de concreto não resultou na geração de grandes volumes de resíduos, salvo os resíduos inerentes ao processo e decorrentes das soluções adotadas conforme descrito na sequência.

No processo de desfôrma foi verificado um volume médio de 0,26 m<sup>3</sup> que correspondeu a cubagem de seis carrinhos de mão (cap. 43 litros), utilizados na obra, de resíduos por pavimento tipo misturado com restos de madeira. Considerando os 17 pavimentos tipo, a geração de resíduos provenientes da desfôrma monta aproximadamente 4,52 m<sup>3</sup> de entulhos que sem condições de reutilização na obra. Este material foi retirado da obra por uma empresa especializada em coleta de entulhos em caçambas móveis.

Na Figura 34(A) compreende os resíduos provenientes da desfôrma de um pavimento tipo que era lançado no solo do térreo em através de um duto de madeira. Todo esse resíduo vinha misturado a pregos, restos de madeira provenientes da varrição da laje após a retirada completa das fôrmas e escoras. Após a limpeza da laje, os entulhos eram acondicionados em caçambas móveis que já continham outros resíduos como restos de blocos cerâmicos, sobras de madeira e etc., impossibilitando o reaproveitamento destes materiais (Figura 34(B)).



(A)



(B)

(A) Após a desfôrma do pavimento, todos os resíduos eram lançados por um duto de madeira até o térreo sem nenhum procedimento de segregação com o objetivo de reutilização.

(B) Os resíduos eram acondicionados em uma caçamba móvel no canteiro de obras e novamente eram misturados aos outros resíduos da obra como: restos de blocos cerâmicos e etc.

Figura 34 – (A) Descarga dos Resíduos de desfôrma. (B) Acondicionamento dos Resíduos para retirada da obra.

O material empregado para a confecção das fôrmas de concreto foi compensado resinado e as peças em madeira maciça que apresentou um baixo rendimento no que se refere ao reaproveitamento. Os painéis apresentaram um grande desgaste obrigando a sua substituição a cada três ciclos de concretagem.

A opção na escolha de um material menos resistente provocou a geração de resíduos de madeira, que eram depositados no canteiro, sem apresentarem condições de reaproveitamento e, freqüentemente encaminhados para o destino final (Figura 35).





(A)



(B)

Figura 35 – (A) Depósito de Madeiras para reuso. (B) Depósito de Madeira para retirada do canteiro.

Os defeitos decorrentes das fôrmas de concreto, por falta de travamento do painéis, determinaram em vários pilares a necessidade de retrabalho como o corte de excesso de concreto por escarificação (Figura 36).

Este serviço de escarificação foi realizado com a ajuda de um marteleto elétrico resultando na geração de resíduos que foram retirados do canteiro, misturado ao resíduo gerado na desfôrma da estrutura entre outros.



(A)



(B)

Figura 36 – (A) e (B) Escarificação em Pilares.

## **4.2 Etapa 02 - Classificação dos tipos de perdas presentes no processo de execução da estrutura de concreto**

Após as análises iniciais orientadas pelos formulários, foram identificadas as seguintes inconformidades decorrentes da produção da estrutura de concreto, onde foram identificadas também as origens e as prováveis consequências.

Nas visitas realizadas à obra, foi possível a identificação e a investigação de algumas inconformidades observadas na execução da estrutura de concreto, que originaram os seguintes problemas observáveis

1. Perdas e desperdícios;
2. Perdas incorporadas;
3. Retrabalhos;
4. Acréscimo de materiais não orçados;
5. Possíveis patologias;

### **4.2.1 Desperdício por fabricação de produtos defeituosos**

Segundo Wyatt (1978) *apud* Soibelman (1993), o conceito de desperdício limita-se às situações que poderiam ser evitadas, ou seja, representa uma despesa inútil, um esbanjamento. Entretanto, para os autores, as perdas são aquelas circunstâncias que englobam situações evitáveis e as inevitáveis, àqueles decorrentes do processo produtivo.

Assim sendo, estas inconformidades foram verificadas na produção da estrutura de concreto estando materializadas principalmente em vigas e pilares gerando tanto perdas com incorporação de concreto para além do projetado implicando na execução de retrabalhos de cortes e escarificações, perdas que implicaram a incorporação de material extra, como o revestimento argamassado com espessuras além das definidas em projeto.

Estas duas situações ainda determinaram a utilização de mão-de-obra extra identificada como uma outra perda no conjunto da obra. Estas circunstâncias proporcionaram diversas tarefas com o emprego de mão-de-obra que não estava prevista no orçamento da obra.

#### 4.2.1.1 Perdas com incorporação de concreto

As perdas com incorporação de concreto foram verificadas em vigas da fundação, pilares (Figura 37) e vigas. Conforme as especificações da obra, estas peças deveriam ser revestidas com argamassa de revestimento (reboco), e as vigas encobertas com forro em gesso acartonado.

Esse conjunto de perdas não implicou necessariamente no emprego de mão-de-obra extra para corrigi-las. Estas peças defeituosas se localizavam em locais onde estavam previstos revestimentos em argamassa (Figura 37(B)) e, no caso das vigas da fundação (Figura 37(A)), a regularização com reaterro e piso.



(A)



(B)

Figura 37 – (A) e (B) Perdas com incorporação de concreto.

No caso do excesso de concreto nas vigas de fundação, as fôrmas foram montadas diretamente em um leito de brita sobre o solo compactado. O que se verificou foi que alguns locais. Provavelmente aconteceu em consequência de uma falha na fixação dos painéis laterais da viga, e, com a utilização de vibrador de imersão aliado à pressão do peso do concreto, provocou a fuga de concreto em vários locais.

#### 4.2.1.2 Perdas com incorporação de material extra

As perdas com incorporação de material extra orçamento foram verificadas em situações em que houve a necessidade de correção ou regularização de superfícies planas como a correção de prumos nas fachadas. Internamente, correções de superfícies provocadas por falhas de concretagem e preenchimentos com argamassa de revestimento para corrigir esquadros de cômodos dos apartamentos. Conforme dados levantados com o engenheiro residente e documentação da obra, o revestimento argamassado de regularização (emboço) para as fachadas previsto foi de 2,5 cm de espessura.

O resultado decorrente das falhas de locação e dos prumos verificada nos pilares das extremidades da edificação implicou na incorporação de material extra orçamento. Esse excedente de material utilizado para as correções das prumadas das fachadas foi a argamassa de revestimento provocando variações na espessura do emboço externo acima de 2,5 cm (dado de projeto), atingindo em alguns locais 6 cm de espessura. Esta inconformidade pode ter ocorrido em função da montagem das fôrmas dos pilares que apresentaram problemas de prumo ou alinhamento vertical (Figura 38).

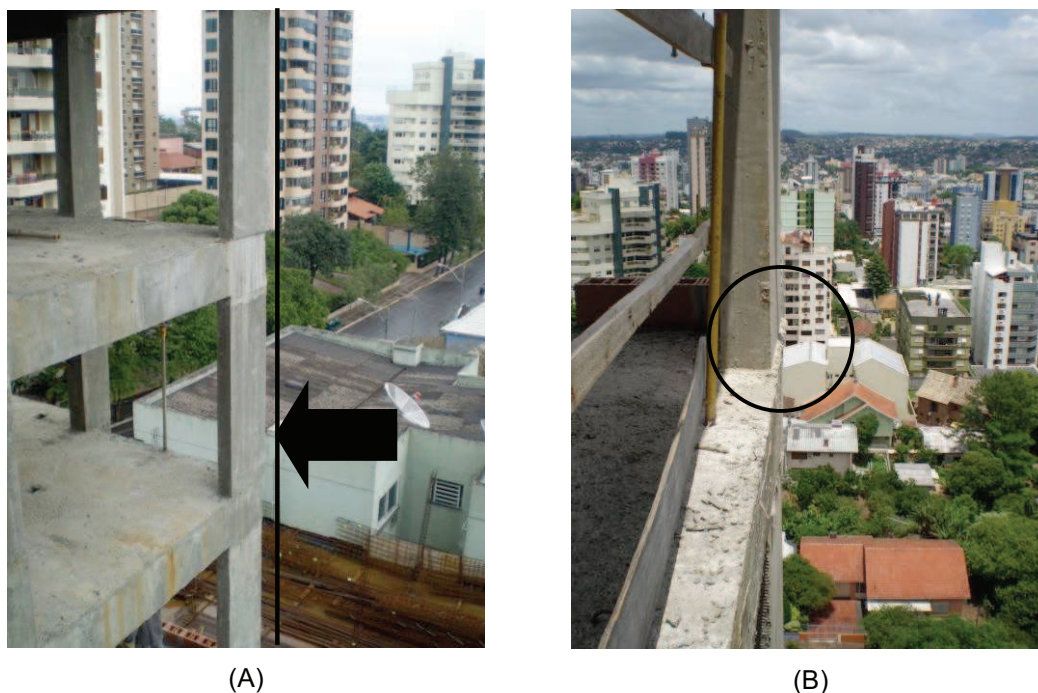


Figura 38 – (A) Falha no alinhamento. (B) Falha na locação.



Esta mesma inconformidade foi verificada em pilares internos com falhas na locação e geometria implicando em preenchimentos com argamassa de revestimento para a correção de esquadros de cômodos dos apartamentos. Nos ambientes onde seriam aplicados pisos em porcelanato, os esquadros das salas deveriam atender aos ângulos projetados evitando assim recortes ou preenchimento com argamassa (material extra orçamento).

Os pilares P21 e P26 (elevadores) com grandes faces eram determinantes no estabelecimento do esquadro das salas de estar dos apartamentos. As variações decorrentes de inconformidades na geometria e locação implicaram em retrabalhos como recortes e escarificações destas peças para corrigir defeitos provocados por deformação da fôrma (Figura 39).



Figura 39 – Deformação na Geometria do P26.

Como consequência imediata, pode-se afirmar que o insumo excedente utilizado para corrigir e regularizar as prumadas das fachadas não estava previsto no orçamento, implicando em custos extras de material e mão-de-obra, ou seja, valores que não poderão ser recuperados pelo empreendedor quando da comercialização do imóvel.

Outro aspecto negativo desta inconformidade é a possibilidade do surgimento de patologias decorrentes da revestimento externo com camadas espessas dificultando a absorção de movimentações estruturais e a falta de carbonatação no reboco provocando fissuras que facilitem a infiltração de água ou o descolamento do revestimento cerâmico.

#### **4.2.1.3 Perdas por retrabalho**

As perdas por retrabalho foram verificadas com ênfase na utilização de mão-de-obra em peças de concreto que deveriam estar prontas e receberam apenas o revestimento final como acabamento (reboco interno). Essas perdas, em algumas situações, também chegaram a consumir insumos para além do orçado, porém, sua caracterização se deu em decorrência da criação de um serviço que não constava no orçamento tais como:

1. operário extra para operar o marteleto;
2. aluguel do marteleto;
3. operário extra para recolher os resíduos gerados;
4. aumento de prazo no cronograma da obra para realizar esta tarefa.

A origem dessas inconformidades foi, em primeiro lugar, a execução das fôrmas dos pilares e vigas sem as devidas recomendações técnicas necessárias, bem como a desobediência ao projeto de fôrmas.

A Figura 40 apresenta as inconformidades nos pilares P9 e P15 (caixa da escada). Estes são elementos com grande volume de concreto que se repetem em todos os pavimentos, mas tiveram seus moldes executados de forma improvisada com o reaproveitamento de painéis com dimensões reduzidas (Figura 40(A)) provocando dificuldades no resultado final da peça. Estes pilares compõem duas paredes internas da caixa de escada ( piso ao teto) totalmente em concreto, apresentaram em todos os pavimentos pelo menos um tipo de perda: retrabalho com acréscimo de material extra (argamassa de revestimento) para correção das imperfeições.

Considerando que estes pilares compõem integralmente duas paredes da caixa de escada, as diversas inconformidades decorrentes de falhas na concretagem e montagem da fôrma, impossibilitou a utilização de acabamento final como concreto aparente ou mesmo aplicação direta de um revestimento final. Em todos os pavimentos foi utilizado argamassa de revestimento como preenchimento das imperfeições da superfície (Figura 44 (D)) bem como o corte excessivo de concreto e escarificações utilizando um martelo elétrico para a regularização decorrente destas deformações na fôrma (Figura 44 (B)).



(A)



(B)



(C)



(D)

Figura 40 – (A) Fôrma não compatível com o projeto de fôrmas. (B) Deformação na fôrma - corte para retirada de concreto excedente. (C) Desnível na superfície do Pilar e Viga com alvenaria de bloco na caixa de escada. (D) Deformação na fôrma - preenchimento para regularizar superfície do pilar.

### **4.3 Etapa 03 - Identificação das perdas oriundas do processo de execução da estrutura de concreto**

Conforme descrito no capítulo do método de pesquisa, os resultados obtidos referentes ao estudo de caso e com o objetivo de responder os objetivos específicos, bem como as questões de pesquisa para essa etapa, serão apresentados nos dois itens a seguir.

#### **4.3.1 Estrutura de concreto: prumadas das fachadas**

A edificação conta com dois padrões de fachadas distintos, uma com a presença de sacadas em curva com o guarda corpo executado em concreto e a outra constituída por planos verticais.

No primeiro padrão de fachada, pode-se verificar através dos pontos de controle que houve uma variação no prumo, entre 3 cm e 5 cm, porém, esta variação não foi corrigida porque os elementos curvos da fachada não tem continuidade vertical.

A segunda tipologia da fachada, constituída de planos verticais contínuos e com a presença de janelas, assim sendo, apresenta um padrão visual devendo, conforme projeto arquitetônico, restarem a todas as janelas alinhadas e com prumo.

Os pontos de controle de 6 a 15 representam os pontos críticos (Figura 41). Neste pontos, os prumos apresentaram variações de 2 cm a 6 cm. Esta variação implicou na execução de uma camada de extra de argamassa (emboço) para que a fachada permanecesse com o plano vertical com prumo, uma vez que a espessura de projeto para o revestimento argamassado externo é de 2,5 cm.

Para a quantificação de argamassa de revestimento extra que foi utilizada além do orçamento, foi calculado a espessura média dessas variações menos a

espessura de projeto coletados e registrados (Anexo 11) e apresentados Tabela 05.

Fórmula de Cálculo: **Emed = Emáx – Emín**

Eméd – Espessura média do acréscimo de revestimento argamassado

Emáx – Espessura máxima coletada na fachada para cada ponto de controle (Figura 41)

Emín – Espessura mínima coletada na fachada para cada ponto de controle (Figura 41)

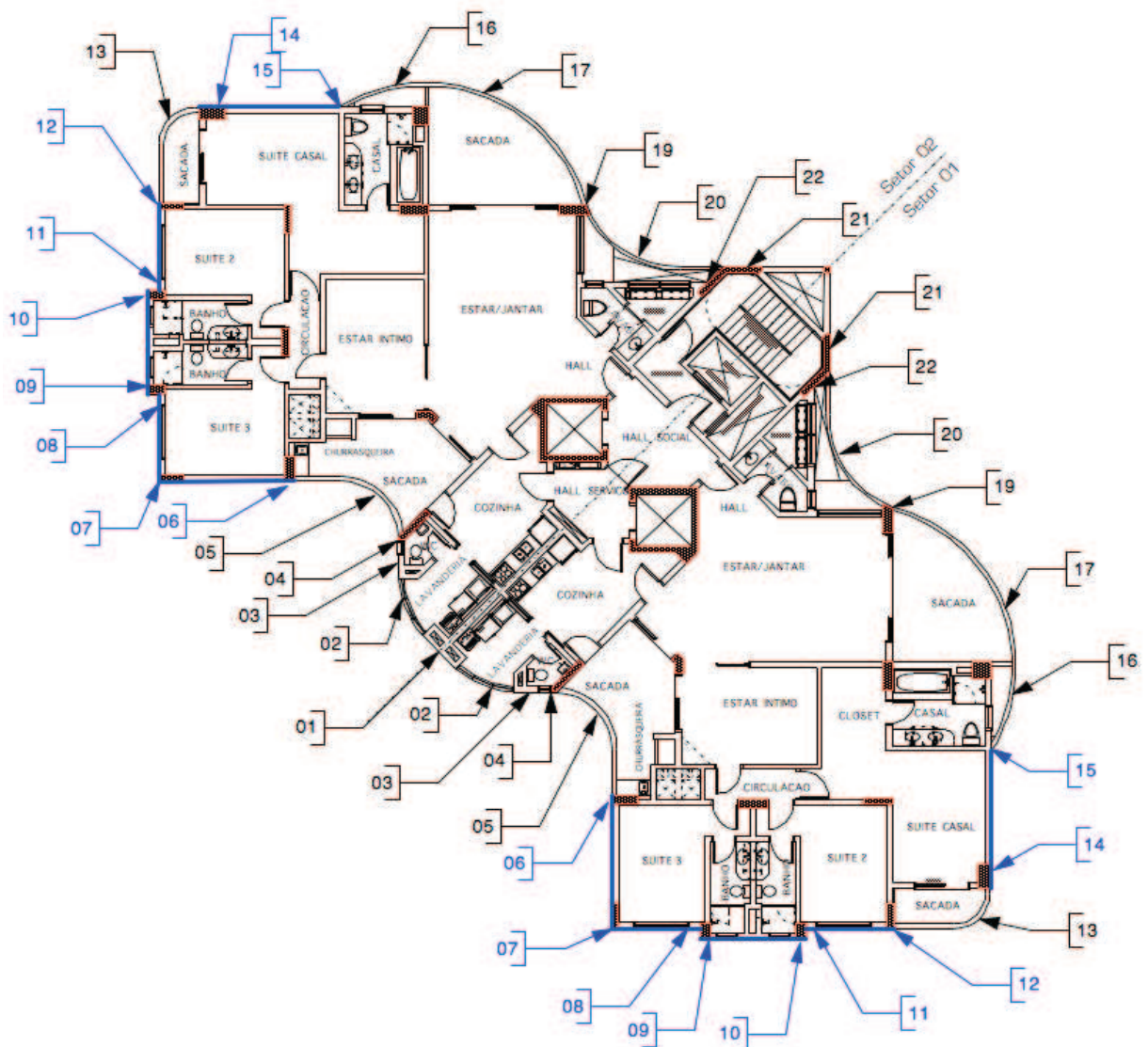


Figura 41 – Planta Baixa – pontos de controle de prumo – sem escala



Os volumes apresentados na Tabela 05 foram obtidos através do cálculo da área de fachada e da espessura média (Eméd) entre os pontos de controles que compõe planos verticais assinalados em azul na Figura 41.

Tabela 05 – Acréscimo de revestimento argamassado nas fachadas

SETOR	PONTOS DE CONTROLE	PLANO VERTICAL (m <sup>2</sup> )	ACRÉSCIMO REVESTIMENTO ARGAMASSADO EXTERNO		
			Emed (cm)	(m <sup>3</sup> )	(%)
01	6 – 7	226,81	1	2,27	40
	7 – 8	148,26	2	2,97	80
	9 – 10	175,83	1	1,76	40
	11 – 12	163,86	1	1,64	40
	14 – 15	247,62	1	2,48	40
02	6 – 7	226,81	0,5	1,13	20
	7 – 8	148,26	1	1,48	40
	9 – 10	175,83	1	1,76	40
	11 – 12	163,86	1	1,64	40
	14 - 15	247,62	2	4,95	80

No Setor 01, considerando dados de projeto, o volume de argamassa de revestimento (emboço) necessário é de 24,06 m<sup>3</sup>, entretanto, conforme dados coletados na obra, foi necessário a utilização de mais 11,11 m<sup>3</sup> de argamassa extra para regularização e alinhamento do prumo nos referidos planos verticais, ou seja, um acréscimo de 46,17% neste Setor.

No Setor 02, o volume de argamassa de revestimento (emboço) de projeto é de 24,06 m<sup>3</sup> sendo utilizado mais 10,97 m<sup>3</sup> para a regularização final deste planos verticais, desta forma, neste Setor acréscimo de argamassa de revestimento foi de 45,59 %.

Portanto, pode-se concluir que as inconformidades verificadas na obra decorrentes da falhas de locação e geometria nos pilares da estrutura de concreto que compõem planos verticais da fachada provocaram um acréscimo de material (argamassa de revestimento) na ordem de mais de 45%.

Nesta etapa de serviço da obra, pode-se constatar a utilização de material extra orçamento provocada por falhas na execução da estrutura de concreto,

neste caso, conforme os autores estudados, uma circunstância evitável, ou seja, desperdício de material.

#### 4.3.2 Estrutura de concreto: esquadro interno

Este item abordou as diferenças de esquadros internos da edificação decorrentes de falhas na geometria e locação da estrutura de concreto. A sala e o estar íntimo dos apartamentos deveriam ter o esquadro projetado rigorosamente atendido devido ao piso, em porcelanato.

Para verificar este aspecto estudado foram realizadas as medições nos apartamentos que não sofreram alteração no projeto arquitetônico padrão baseados nos pontos de conferência conforme apresentados na Figura 42.

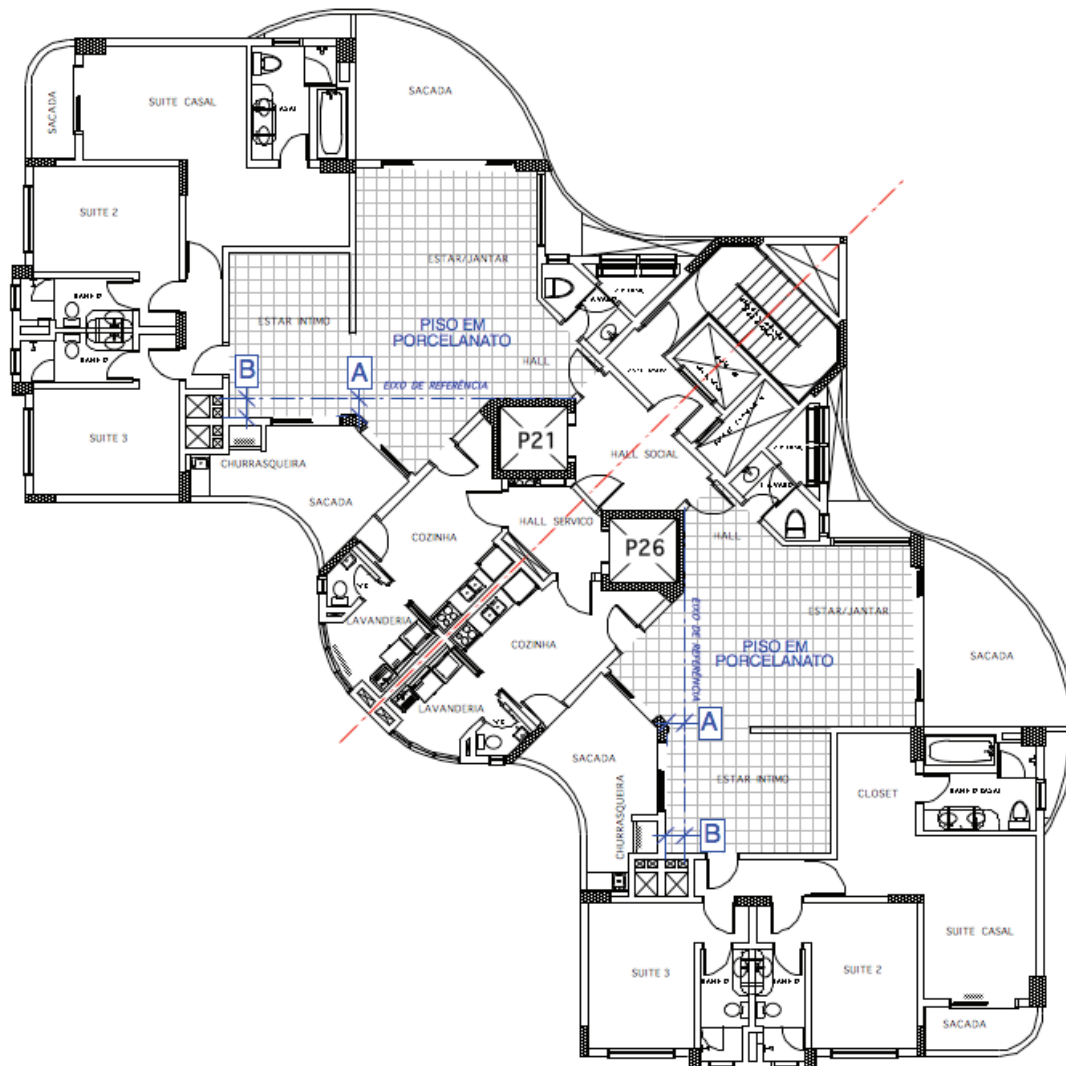


Figura 42 – Planta Baixa – pontos de controle do esquadro interno – sem escala



Os pontos de controle (A) e (B) assinalados em azul na Figura 41 foram coletados e registrados na planilha (Anexo 12).

A espessura do revestimento argamassado previsto em projeto para as alvenarias internas é de 2,5 cm verificando-se uma variação para além do previsto de 3,5 cm à 14,5 cm para a devida correção dos esquadros da sala e estar íntimo dos apartamentos (Tabela 06).

Tabela 06 – Acréscimo de revestimento argamassado interno

SETOR	APARTAMENTOS N°	ACRÉSCIMO REVESTIMENTO ARGAMASSADO EXTERNO		
		esp. extra(cm)	(m <sup>3</sup> )	(%)
01	1101	8,5	0,29	140
	1100	11,5	0,37	360
	900	10,5	0,34	320
	800	8,5	0,29	140
	700	7,5	0,26	200
	600	7,5	0,26	200
	500	3,5	0,16	140
02	1100	14,5	0,45	480
	600	7,5	0,26	200
	500	6,5	0,22	160

Foi constatado que, em todos os apartamento medidos, houve a necessidade de correção do esquadro do piso, executada com a modificação da espessura de revestimento das paredes.

Os apartamentos identificados na Tabela 06 não sofreram alteração do layout interno permanecendo as determinações do projeto standard indicando como piso a aplicação de porcelanato, seguindo o alinhamento destacado em azul na Figura 41.

Nesta circunstância, verificando-se a relevância da locação e a geometria dos P21 e P26 permanecerem conforme projeto, entretanto, nos apartamentos descritos acima, foram identificadas variações necessárias à regularização do esquadro que importaram em 2,90 m<sup>3</sup> de argamassa de revestimento extra orçamento.

Portanto, segundo Wyatt (1978) *apud* Soibelman (1993), estas circunstâncias de uma obra são evitáveis. A utilização de material extra orçamento para correções de situações provocadas por inconformidades na execução de uma determinada etapa, são classificadas com desperdícios.

As perdas apresentadas anteriormente foram observadas ao longo da obra em diversas peças da estrutura de concreto, São situações decorrentes da execução das fôrmas principalmente quando os painéis não resistem a força exercida pelo concreto deformando-se ou mesmo perdendo a sua geometria de projeto.

Muitas dessa situações provocaram a necessidade de emprego de mão-de-obra extra para realizar tarefas de correção das peças defeituosas. O corte e escarificações de peças de concreto defeituosas foram sendo resolvidas no decorrer da obra através de operário com um martetele elétrico sem um cronograma definido para essa atividade quando estes estavam ociosos no desenvolvimento da atividade da sua equipe de produção.

Portanto, apesar de se tratar de mão-de-obra extra orçamento, esta condição na gestão da obra não permitiu quantificá-la de forma vinculada a esta atividade extra de correções sendo assim diluída no custo total da obra.

#### **4.3.3 Perdas decorrentes de incompatibilidade de projetos**

Estas perdas se apresentaram claramente na utilização de blocos cerâmicos modulados. Esta tipologia de blocos é característica de uma alvenaria racionalizada, onde existe uma preocupação no projeto de arquitetura na definição de vãos de alvenaria modulados em função do módulos dos blocos.

Outra característica conflitante é a utilização dos blocos em alvenarias com ângulos não ortogonais. Estes blocos apresentam dificuldades na constituição de paredes em ângulos, necessitando de preenchimento com argamassa bem como uma solução para a amarração dos cantos. Uma possível solução para

racionalizar estes pontos, seria a premoldagem em obra de peças para atender estes conflitos.

Portanto, a utilização dos blocos cerâmicos para um obra com opção de customização de layout interno e paredes não ortogonais, provocou perdas de materiais, tomadas de decisões na obra sem a devida aplicação da boa técnica de engenharia.

Neste item, também foi observado conflitos relacionados a compatibilização do projeto estrutural e projeto arquitetônico. O emprego de uma ferragem de projeto com o pacote BIM na elaboração dos projetos poderia evitar soluções que desperdesse recursos não orçados.

#### **4.4 Etapa 04 - Propor oportunidades de melhorias no processo estudado**

Com o objetivo de eliminar ou minimizar algumas das consequências geradas por inconformidades na execução da estrutura de concreto de um edifício residencial considerando o contexto pesquisado, é possível que a mudança de alguns pontos na gestão do processo de elaboração dos projetos e controles dos processos construtivos contribua para redução de perdas e desperdícios.

No primeiro momento, a utilização de Tecnologia da Informação e Comunicação e ferramentas com conceito BIM podem estabelecer uma condição mais favorável e eficiente na troca de informações entre todos os atores envolvidos no desenvolvimento do empreendimento.

Estas ferramentas de tecnologia, poderão permitir a implantação de um planejamento integrado e com o estabelecimento de novos padrões de interoperabilidade, de representação dos projetos e do meio de troca de informações através de um coordenador de projetos que poderá evitar atrasos no desenvolvimento dos trabalhos.

No processo de definição do projeto, a compatibilização dos projetos complementares deverá acontecer de forma natural na fase de

desenvolvimento do projeto. As tomadas de decisões relacionadas as especificações, definições de materiais e processos construtivas serão necessariamente discutidos nesta fase, por determinação do cronograma de elaboração dos projetos, estabelecendo uma forma mais harmoniosa com a proposta arquitetônica, rastreamento de conflitos de projetos bem como a retroalimentação de informações de outros empreendimentos.

Tipologias de obras que apresentam algumas dificuldades construtivas provenientes das propostas arquitetônicas são salutares e enriquecedoras. Porém, é necessário que o grupo gestor do processo construtivo do empreendimento adote procedimentos eficientes de controle na execução dos projeto complementares, entre eles, o projeto de fôrmas da superestrutura com elevado grau de importância, deverá ser desenvolvido e executado com a utilização de equipamentos de precisão no controle de níveis e prumos.

Considerando que a tipologia das edificações desenvolvidas pela empresa incorporadora apresenta um grande padrão de repetição com a adoção de pavimentos tipo, a execução da estrutura de concreto poderá utilizar um sistema de fôrmas que resulte em um melhor desempenho evitando problemas relacionados às dificuldades verificadas na obra decorrentes do baixo rendimento das fôrmas, exigindo a substituição de peças do molde dificultando remontagem, cimbramento e desmoldagem das fôrmas.

Por outro lado, é relevante para o bom desempenho geral de todas as etapas do empreendimento, a realização de capacitação e o treinamento dos operários no sentido de formação profissional estabelecendo assim no canteiro de obras, ações com melhores práticas, principalmente, na execução da estrutura de concreto.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A presente dissertação teve como escopo a identificação, classificação e a proposição de melhorias relativas a execução da estrutura de concreto de um edifício residencial de alto padrão imobiliário identificando origens e possíveis consequências.

O seu objetivo principal foi de estabelecer diretrizes para melhorias na produção da estrutura de concreto visando a redução de perdas para esta tipologia construtiva. Para atingir esse objetivo, foi realizado a análise dos projetos, documentação, fluxo de informação e o processo de execução da estrutura com a identificação dos subprocessos envolvidos para a identificação dessas perdas.

Pode-se verificar que, apesar da tradição da empresa na construção civil e no seu produto específico, a execução da estrutura de concreto foi executada sem a devida atenção ao projeto de fôrmas bem como a utilização do compensado resinado apresentando baixo rendimento apesar da existência da modulação estrutural bem como problemas de qualificação da mão-de-obra na execução deste processo da obra.

Quanto a identificação das perdas oriundas de inconformidades identificadas, pode-se constatar que ausência de uma coordenação de projetos integrada e a utilização da Tecnologia de Informação e Comunicação possa ter contribuído para as incompatibilidade de alguns projetos bem como as especificações de insumos, materiais, sistemas de controles e sistemas construtivos, provocando decisões tardias e corretivas dos conflitos construtivos nos projetos.

Pode-se concluir que no processo de execução da estrutura de concreto sem a devida observação das medidas dos projeto e as falhas decorrentes das distorções na geometria e locação de pilares provocaram a utilização de argamassa de revestimento para corrigir as medidas do planos verticais das

fachadas na ordem de 22,08 m<sup>3</sup> que representa um acréscimo de 45,88% de material extra para esse processo.

Além dos desperdícios de materiais proporcionadas por falhas na execução da estrutura de concreto, pode-se verificar que a houve um acréscimo no emprego de mão-de-obra extra para realizar tarefas de cortes e escarificações em peças de concretos com defeitos que, considerando o sistema de gestão da obra, esta atividade extra foi realizada através da relocação de operários do quadro funcional da obra. Portanto, o custo dessa mão-de-obra permanece diluído no orçamento global da obra.

No intuito de colaborar na minimização das perdas decorrentes de falhas na execução da estrutura de concreto, sugere-se a mudança na gestão de planejamento e execução de obras partindo de um modelo colaborativo com a utilização de TIC. Desta forma será possível estabelecer um novo paradigma embasado em melhores práticas no desenvolvimento das diversas etapas do processo construtivo, incluindo também a capacitação dos operários da construção civil.

Questões como a sustentabilidade ambiental vem atualmente reforçando as ações de melhores práticas na construção civil e reaquecendo os debates e estudos na academia sobre desperdícios e perdas. Aliado à este debate, a indústria da construção civil continua imprimindo seu alto ritmo de produtividade e competitividade do mercado imobiliário. Entretanto, essa mesma indústria que impulsiona a geração de emprego, ainda peca pela qualificação profissional de seus operários e a resistência na utilização de sistema de TIC.

## **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Algumas sugestões para trabalhos futuros podem ser propostas para a melhoria na minimização de perdas decorrentes de falhas na execução da produção de estrutura de concreto de edifício residenciais.

1. Analisar uma obra com a mesma tipologia de uso, cujo projeto tenha sido desenvolvido com o emprego de TIC e ferramentas BIM;
2. Comparar o desempenho de vários sistemas de fôrmas para essa tipologia construtiva.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L. de; PALIARI, J. C. e ANDRADE A. C. de. 2003. Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra. In: Coletânea Habitare. Inovação, gestão da qualidade & produtividade e disseminação do conhecimento na construção habitacional, v.2, cap.10, p. 224-249. disponível em: <http://www.habitare.org.br.>, Acessado em: 01/12/2008.

ALDANA, L. F. M. S. Measurement and analysis of concrete formwork and steel reinforcement productivity Scotland: Dissertação (Mestrado) – University of Dundee, 163p. 1991.

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

ASSAHI, P. N. Concreto, Pesquisa e Realizações – IBRACON - Capítulo 14, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. NBRISO 14001: Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de

Janeiro, 2004.

BATLOUNI NETO, J. Concreto, Pesquisa e Realizações – IBRACON - Capítulo 7, São Paulo, 2005.

BATLOUNI NETO, J. Projetos de estruturas de concreto armado: diretrizes para otimização do desempenho e do custo do edifício. Dissertação (Mestrado) – IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2003.

BRASIL 2002. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n.º 307 - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n.º 136, 17 de julho de 2002. Seção 1, p. 95-96.

B.R.E. (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT) Waste of building materials, Department of the Environment, Digest – 247, march, 1981 – ISBN 0 85125 333 4, UK, 1981.

CARDOSO, Francisco Ferreira; *et al.* Nível B do programa evolutivo qualihab de certificação da qualidade: avaliação do impacto nas empresas de construção de edifícios. Recife, PE. 1999. 10p, il. In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, 1º, Artigo técnico, Recife, 1999.

COLOMBO, C. R. e BAZZO, W. A. Desperdício na construção civil e a questão habitacional: um enfoque CTS. Acessado em: 09/12/2008, disponível em: <http://www.oei.es/salactsi/colombobazzo.htm>, 2001.

CRISTIANI, J.E.R. Fôrmas de madeira para concreto armado em edifícios de andares múltiplos. São Paulo: 1995. 107p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

D´ALMEIDA, M. L. O. e VILHENA, A. Lixo municipal (Manual de gerenciamento integrado). São Paulo, IPT/CEMPRE, 370 p. 2000.

EASTMAN, C.M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and contractors. Hoboken-NJ, John Wiley and Sons, 2008.

ESPINELLI, U. A gestão do consumo de materiais como instrumento para a redução da geração de resíduos nos canteiros de obras. In: Seminário de Gestão e Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição – Avanços e Desafios. São Paulo, PCC USP. CD-ROM. 2005.

FAJERSZTAN, H. Fôrmas para concreto armado: aplicação para o caso do

edifício. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.. São Paulo, 247p. 1987.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. Anais... TIC2007 – III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, ANTAC, Porto Alegre, 2007.

FREIRE, T. M., SOUZA, U. E. L. Classificação dos sistemas de fôrmas para estrutura de concreto armado, in: Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil – BT/PCC/296 - São Paulo, 12p. 2001.

GARCIA MESSEGUER, A. Controle e garantia da qualidade na construção. São Paulo: Sinduscon-SP, 1991.

HURD, M. K. Formwork for concrete. American Concrete Institute. Michigan, 1989.

JAQUES, R. The influence of design and procurement on construction site waste generation – A pilot study. Branz, 40p. Study Report 81, 1998.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para a metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil – São Paulo, 113p. 2000.

KAMARA, J.M.; ANUMBA, C.J.; EVBUOMWAN, N.F.O. Process model for client requirements processing in construction. Business Process Management Journal, V.6, N. 3, pp.251–379, 2000.

KERN, A. P. Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção. Tese de Doutorado Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 234 p. 2005.

LAWSON, B. TOWARDS a computer-aided architectural design process: A journey of several mirages. Computers in Industry, V.35, pp.47-57, 1998.

LINHARES, S. P., FERREIRA, J. A., RITTER, E. Avaliação da implantação da Resolução n. 307/2002 do CONAMA sobre gerenciamento dos resíduos de construção civil. Estudos Tecnológicos em Engenharia - Vol. 3, nº 3:176-194 - ISSN 1808-7310, 2007.

LINHARES, S. P. Gerenciamento dos resíduos da indústria da construção civil: análise do efeito da resolução nº 307/2002 do CONAMA. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 155 p. 2005.

LUCK, R.; MCDONNELL, J. Architect and user interaction: The spoken representation of form and functional meaning in early design conversations. *Design Studies*, V.27, N.2, pp.141-166, 2006.

MACMILLAN, S. (Ed.). *Designing Better Buildings*, Spon Press, London, 2003.

MASCARENHAS, A.C. *Fôrmas para concreto*. Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBA, 1989.

MELHADO, S.B., AGOPYAN, V. *O conceito de Projeto na Construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle*. BT/PCC/139, 1995.

METHA, P. K.; MONTEIRO, J. M. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. Pini. São Paulo, 1994.

MOLITERNO, A. *Escoramentos, cimbramentos, fôrmas pra concreto e travessias em estruturas de madeira*. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1989.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A contribuição da tecnologia da informação ao processo de projeto na construção civil. In: *WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS*, 2001, São Carlos. Anais... São Carlos: EESC-USP, 2001. 1 CD.

NUNES, K. R. A. *Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição*. Rio de Janeiro, RJ. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 276 p. 2004.

PAULUZZI, Site <http://www.pauluzzi.com.br/produtos.php>, acessado em 10/10/2008.

PETERS, J.B. *Practical timber formwork*. E & FN Spon, 1991.

PFEIL, W. *Cimbramentos*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 487p. 1987.

PINTO, T.P.; GONZÁLES, J.L.R. (coordenadores). *Manejo e gestão de resíduos da construção civil*. Brasília : CAIXA, 2005. 196 p. Volume 1 - Manual de orientação : como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios, 2005.

PINTO, T. P. *Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon-SP*, coordenador – São Paulo: Obra Limpa: I4T: SindusCon-SP, 2005.

PINTO, T. P. *Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da*

construção urbana. (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. 189p. São Paulo, 1999.

REVISTA CONSTRUÇÃO. São Paulo: Pini Editora, 2000. Nº 2733.

REVISTA TÉCNICA. São Paulo: Pini Editora, 2007. Nº 127.

RICHARDSON, J.G. Supervision of concrete construction. Londres: Viewpoint v. 1 e 2, Ed., 1986.

RICOUARD, M.J. Encofrados. Barcelona: Técnicos Associados Editora, 1980.

SALAZAR, G.; MOKBEL, H.; e ABOULEZZ, M. The Building Information Model in the Civil and Environmental Engineering Education at WPI. Proceedings of the ASEE New England Section. Annual Conference, 2006.

SERPELL, Alfredo. Administración de operaciones de construcción. Santiago: Universidad Católica, 1993.

SHINGO, S. Non-Stock Production: the Shingo System for Continuous Improvement. Productivity Press: Cambridge, Mass. 1988.

SOIBELMAN L. As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 142p. 1993.

SOUZA, R. *et al.* Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas Construtoras. SindusCon/SP, 1995.

SOUZA, U.E.L. Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de formas para estruturas de concreto armado. São Paulo: 280p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 1996.

TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C.T.; Betts, M. Planning the product development process in construction: an exploratory case study. Proceedings 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, National University of the Singapore, Singapore, pp.103-116, 2001.

XAVIER, L. L. ; ROCHA, J. C. Diagnóstico do Resíduo da Construção Civil – Início do Caminho para uso Potencial do Entulho, IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Reciclados e suas Aplicações, IBARCON, São Paulo, 2001.

O edifício residencial estudado caracteriza-se como uma edificação de padrão construtivo médio-alto e de alto valor imobiliário. Localiza-se em um bairro nobre da cidade de Novo Hamburgo e obedece ao padrão de produção da empresa incorporadora. Na edificação foram previstas pré-instalações de sistemas auxiliares de climatização, distribuição de água quente, cabeamentos elétricos e outros. Ademais, tem sido adotados elementos que tornam o projeto mais complexo, tais como sacadas curvas e paredes colocadas em diagonal.

O padrão de imóvel e o público alvo da empresa têm induzido seus projetistas a uma característica construtiva que possibilita a personalização de alguns ambientes dos apartamentos. (Figuras 43 e 44).



(A)



(B)

Figura 43 – (A) Vista Fachada Leste. (B) Vista Fachada Oeste.





Figura 44 - Planta Baixa do Pavimento Tipo (Decorada) – sem escala.

Consiste em uma edificação com 21 pavimentos e área total construída de 12.648,08 m<sup>2</sup> composta de:

- Subsolo, térreo e mezanino composto de 118 boxes para veículos, jardins, quiosque, canchas múltiplas, playground, piscina (adulto/infantil), salas de jogos e ginástica, sauna, salão de festas e portaria (Figura 45);
- 17 pavimentos tipo com 34 apartamentos de 196,48 m<sup>2</sup> cada.



(A)



(B)



(C)

Figura 45 – (A) Hall de Entrada Térreo. (B) Salão Fitness. (C) Salão de Jogos.

O programa de cada apartamento possui três suítes, estar íntimo, sala de estar e jantar, cozinha, lavanderia e uma sacada com churrasqueira, podendo sofrer variações no seu layout interno nos seguintes ambientes: estar íntimo, sala de estar e jantar (Figura 46), cozinha e lavanderia.



(A)



(B)

Figura 46 – (A) Sala de Estar. (B) Sala de Estar e Sacada.

ALINHAMENTO DE PILARES DE BORDO	
	<p>POSSÍVEIS CAUSAS DO PROBLEMA:</p>    
	<p>ORIGEM DO PROBLEMA. EM QUE ETAPA DO PROCESSO?</p>   <p>QUANTO EM % REPRESENTA NA OBRA?</p>  
	<p>HÁ OUTRAS SOLUÇÕES NA OBRA?</p>  <p>POSSÍVEIS CONSEQÜÊNCIAS:</p>   
<p>AVALIADOR</p> <p>OPERÁRIO</p> <p>MESTRE</p> <p>ENG. RESPONSÁVEL</p>	<p>EXPLICAÇÃO:</p>      

ALINHAMENTO DE PILARES INTERNOS	
	<p>POSSÍVEIS CAUSAS DO PROBLEMA:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>ORIGEM DO PROBLEMA. EM QUE ETAPA DO PROCESSO?</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>QUANTO EM % REPRESENTA NA OBRA?</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>HÁ OUTRAS SOLUÇÕES NA OBRA?</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>POSSÍVEIS CONSEQÜÊNCIAS:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>EXPLICAÇÃO:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>AVALIADOR</p> <p>OPERÁRIO</p> <p>MESTRE</p> <p>ENG. RESPONSÁVEL</p>	



## ALVENARIA DE BLOCOS



POSSÍVEIS CAUSAS DO PROBLEMA:

Blank lines for text input.



ORIGEM DO PROBLEMA. EM QUE ETAPA DO PROCESSO?

Blank lines for text input.

QUANTO EM % REPRESENTA NA OBRA?

Blank lines for text input.

HÁ OUTRAS SOLUÇÕES NA OBRA?

Blank lines for text input.



POSSÍVEIS CONSEQÜÊNCIAS:

Blank lines for text input.



EXPLICAÇÃO:

Blank lines for text input.



ENG. RESPONSÁVEL  
MESTRE  
OPERÁRIO  
AVALIADOR

## CONTROLE DE PROJETOS



POSSÍVEIS CAUSAS DO PROBLEMA:

ORIGEM DO PROBLEMA. EM QUE ETAPA DO PROCESSO?



QUANTO EM % REPRESENTA NA OBRA?

HÁ OUTRAS SOLUÇÕES NA OBRA?



POSSÍVEIS CONSEQÜÊNCIAS:



EXPLICAÇÃO:

AVALIADOR  
OPERÁRIO  
MESTRE  
ENG. RESPONSÁVEL



FALHAS CONCRETAGEM/RETRABALHO	
	<p>POSSÍVEIS CAUSAS DO PROBLEMA:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>ORIGEM DO PROBLEMA. EM QUE ETAPA DO PROCESSO?</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>QUANTO EM % REPRESENTA NA OBRA?</p> <p>_____</p>
	<p>HÁ OUTRAS SOLUÇÕES NA OBRA?</p> <p>_____</p>
	<p>POSSÍVEIS CONSEQÜÊNCIAS:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>EXPLICAÇÃO:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>AVALIADOR</p> <p>OPERÁRIO</p> <p>MESTRE</p> <p>ENG. RESPONSÁVEL</p>	

## FALHAS CONCRETAGEM/PERDAS INCORPORADAS



POSSÍVEIS CAUSAS DO PROBLEMA:

ORIGEM DO PROBLEMA. EM QUE ETAPA DO PROCESSO?



QUANTO EM % REPRESENTA NA OBRA?

HÁ OUTRAS SOLUÇÕES NA OBRA?

POSSÍVEIS CONSEQÜÊNCIAS:

EXPLICAÇÃO:

AVALIADOR    OPERÁRIO    MESTRE    ENG. RESPONSÁVEL

FALHAS CONCRETAGEM/MATERIAL NOVO	
	<p>POSSÍVEIS CAUSAS DO PROBLEMA:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>ORIGEM DO PROBLEMA. EM QUE ETAPA DO PROCESSO?</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>QUANTO EM % REPRESENTA NA OBRA?</p> <p>_____</p>
	<p>HÁ OUTRAS SOLUÇÕES NA OBRA?</p> <p>_____</p>
	<p>POSSÍVEIS CONSEQÜÊNCIAS:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>EXPLICAÇÃO:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>ENG. RESPONSÁVEL</p> <p>_____</p> <p>MESTRE</p> <p>_____</p> <p>OPERÁRIO</p> <p>_____</p> <p>AVALIADOR</p> <p>_____</p>

## FORMAS



POSSÍVEIS CAUSAS DO PROBLEMA:

ORIGEM DO PROBLEMA. EM QUE ETAPA DO PROCESSO?



QUANTO EM % REPRESENTA NA OBRA?



HÁ OUTRAS SOLUÇÕES NA OBRA?

POSSÍVEIS CONSEQÜÊNCIAS:



EXPLICAÇÃO:



ENG. RESPONSÁVEL  
MESTRE  
OPERÁRIO  
AVALIADOR

<h1>RESÍDUOS</h1>	
	<p>POSSÍVEIS CAUSAS DO PROBLEMA:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>ORIGEM DO PROBLEMA. EM QUE ETAPA DO PROCESSO?</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>QUANTO EM % REPRESENTA NA OBRA?</p> <p>_____</p>
	<p>HÁ OUTRAS SOLUÇÕES NA OBRA?</p> <p>_____</p>
	<p>POSSÍVEIS CONSEQÜÊNCIAS:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>EXPLICAÇÃO:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>AVALIADOR</p> <p>OPERÁRIO</p> <p>MESTRE</p> <p>ENG. RESPONSÁVEL</p>	



PLANILHA DE PRUMADAS EXTERNAS

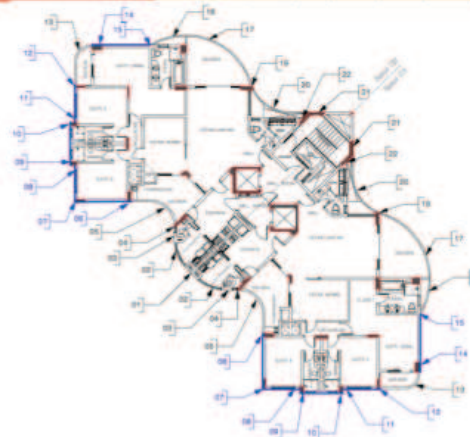
Prumos externos relacionados com os Setores 01 e 02  
Em cada ponto de prumada foi montada uma linha "galga" com 10 cm e tomadas as medidas perpendiculares à construção.

Dimensões em cm.

	PONTOS CRÍTICOS																					
PONTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
MÍNIMO																						
MÁXIMO																						
VARIAÇÃO																						

PONTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
MÍNIMO																						
MÁXIMO																						
VARIAÇÃO																						

PÉ DIREITO DE PROJETO DO PAVIMENTO TIPO 3,06 M





Esquadro Paredes Internas

Esquadro - parede estar íntimo e estrutura de concreto da caixa do elevador  
 Estas duas superfícies devem estar alinhadas conforme projeto - garantia de esquadro na colocação do piso (porcelanato) Dimensões em cm.

APTO	SETOR 02						SETOR 01			INCLINAÇÃO	em cm
	1101	1100	900	800	700	600	500	1100	600		
A	47	54	50	43	46	47	40	55	46	45	
B	58	68	63	54	56	57	46	72	56	54	
%	3,3636	2,6429	2,8462	3,3636	3,7	3,7	6,1667	2,1765	3,7	4,1111	
VARIACÃO	11	14	13	11	10	10	6	17	10	9	
VOLUME	0,2904	0,3696	0,3432	0,2904	0,264	0,264	0,1584	0,4488	0,264	0,216	EXCESSO REBOCO P21 EM m <sup>3</sup>

**OBS:**  
 As medidas só foram realizadas nos apartamentos que não sofreram alteração no lay-out interno

Diferença no alinhamento = 40 cm  
 Distância entre referência A/B = 3,70 m  
 Face P21 e P26 = 2,20 m

