

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Gustavo Zatt

**FECHAMENTO DE PAREDES DE VEDAÇÃO:
SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME* UTILIZANDO
PLACAS CIMENTÍCIAS**

Porto Alegre
novembro 2010

GUSTAVO ZATT

**FECHAMENTO DE PAREDES DE VEDAÇÃO:
SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME* UTILIZANDO
PLACAS CIMENTÍCIAS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Ruy Alberto Cremonini

Porto Alegre
novembro 2010

GUSTAVO ZATT

**FECHAMENTO DE PAREDES DE VEDAÇÃO:
SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME* UTILIZANDO
PLACAS CIMENTÍCIAS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, novembro de 2010

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Universidade de São Paulo
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ana Paula Kirchheim (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)
Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. pela Universidade de São Paulo

Dedico este trabalho a meus pais, João e Amantina, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, João e Amantina, pelo apoio irrestrito durante meu Curso de Graduação e em toda minha vida.

Agradeço ao meu irmão Bruno, que mesmo estando distante, sempre foi meu melhor amigo e um exemplo seguido por mim.

Agradeço à minha namorada Gabriele, que sempre me apoiou, especialmente durante o período do meu Curso de Graduação esteve ao meu lado.

Agradeço ao professor Ruy Alberto Cremonini, orientador deste trabalho, pela sabedoria e atenção dedicada.

Agradeço à professora Carin Maria Schmitt pela inigualável paciência e dedicação durante a realização deste trabalho.

Agradeço à Tita, que considero como uma segunda mãe, por sempre torcer e acreditar em mim.

Agradeço ao meu amigo Hugzy, por todo apoio e motivação que transmitiu neste ano.

Agradeço aos meus demais familiares pela excelente convivência e transmissão de virtudes.

Agradeço aos meus amigos, pela compreensão e parceria durante todo o meu Curso de Graduação.

Agradeço aos meus colegas de faculdade, que tornaram os últimos anos especiais.

Agradeço à empresa Goldsztein Cyrela pelo auxílio prestado e por permitir que eu realizasse estudos em sua obra, sendo fundamental para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Agradeço ao arquiteto Marcos Barragam Staubus, pela paciência e apoio, fornecendo informações importantes para a realização deste trabalho.

Agradeço à empresa Brasilit Saint-Gobain pelo auxílio prestado para a realização deste trabalho.

Não tá morto quem luta e quem peleia
pois lutar é a marca do campeão.

Leopoldo Rassier

RESUMO

ZATT, G. **Fechamento de Paredes de Vedação:** sistema *Light Steel Frame* utilizando placas cimentícias. 2010. 70 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

A crescente competitividade do setor da construção civil tem levado à adoção de estratégias de produção envolvendo tecnologias inovadoras, visando melhoria do emprego de recursos, aumento da produtividade e maiores ganhos financeiros. O sistema *Light Steel Frame* (LSF), conjugado com o fechamento em placas cimentícias, utilizado em vedação de edifícios habitacionais e comerciais, faz parte desses novos métodos e está em processo de adaptação às condições nacionais para sua utilização. No Brasil, ainda há uma carência de informações, tanto sobre os princípios de execução e montagem referentes à utilização deste método para o fechamento de fachadas. Esta carência de informações dificulta análises de viabilidade econômica relativas à sua adoção, a comparação com outros processos e, ainda, a verificação de quanto se está incrementando o nível de industrialização da construção. Este trabalho compara, através de observações e aprofundamento do conhecimento, dois sistemas construtivos de paredes de vedação externas não estruturais: o tradicional, utilizando alvenaria, e o LSF. Na sua execução, o sistema LSF não difere apenas no acabamento superficial dado à fachada, mas também, em fatores que ocasionam inúmeras alterações em relação ao sistema tradicional, como processo de projeto, velocidade de execução, eliminação de algumas etapas construtivas, maior organização no canteiro, menor perda de material e outros. Dentro desse contexto, algumas dessas questões foram analisadas através de uma pesquisa de cunho teórico-prático, desenvolvida através de pesquisa bibliográfica e acompanhamento de dois empreendimentos em fase de construção, um em Porto Alegre/RS e outro em Cachoeirinha/RS, sendo que o primeiro utilizou o sistema tradicional com alvenaria, e o outro, o sistema LSF conjugado com fechamento de placas cimentícias. O trabalho de pesquisa apresentou, em forma de resultados, as diversas alterações que a opção pelo LSF na produção de paredes externas de vedação. Entre estas, pode-se destacar a exigência de um controle de qualidade mais rigoroso e ganho de tempo no prazo de obra. Apesar disso, foi demonstrado um déficit considerável nos custos em relação a utilização de alvenaria.

Palavras-chave: *Light Steel Frame*; placas cimentícias; vedações verticais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: etapas da pesquisa	16
Figura 2: edificação sendo executada em <i>Wood Framing</i>	22
Figura 3: obra com fechamento externo em LSF em Belo Horizonte	24
Figura 4: fechamento em LSF – Método Embutido	31
Figura 5: variações de detalhes para montagem de fechamentos no Método Embutido .	32
Figura 6: acabamentos dos painéis sobrepondo ou deixando a vista a estrutura	33
Figura 7: fechamento em LSF – Método Contínuo	34
Figura 8: variações de <i>inserts</i> de fixação para painéis contínuos	35
Figura 9: acabamento sem interrupção em painéis contínuos	36
Figura 10: execução de chapisco rolado	40
Figura 11: fixação da tela de ancoragem	40
Figura 12: execução da primeira fiada	41
Figura 13: passagem das tubulações elétricas	42
Figura 14: assentamento de blocos com o auxílio do escantilhão e da linha de náilon ...	43
Figura 15: execução da última fiada com bloco cunha	44
Figura 16: chumbeação dos contramarcos	45
Figura 17: guias e montantes	50
Figura 18: passagens das tubulações elétricas e hidráulicas no LSF	51
Figura 19: contraverga reforçada (laboratório da Brasilit)	52
Figura 20: membrana Tyvek	53
Figura 21: execução de fechamento externo com placa cimentícia	54
Figura 22: parafusos fixos ao montante após plaqueamento externo e interno	55
Figura 23: tratamento de junta com tela de fibra de vidro e massa cimentícia	56
Figura 24: face interna da parede externa com acabamento final	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: limitações na utilização de vedações pré-fabricadas	21
Quadro 2: vantagens na utilização de vedações pré-fabricadas	25
Quadro 3: simulação 1 de comparação de custos	63
Quadro 4: simulação 2 de comparação de custos	64
Quadro 5: quadro de comparação de custos	65

LISTA DE SIGLAS

ABCEM: Associação Brasileira da Construção Metálica

ABCI: Associação Brasileira de Construção Industrializada

AISI: *American Iron and Steel Institute*

ANTAC: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

CBCA: Centro Brasileiro da Construção em Aço

DECIV: Departamento de Engenharia Civil

EE: Escola de Engenharia

IBS: Instituto Brasileiro de Siderurgia

ISO: *International Organization for Standardization*

LSF: *Light Steel Frame*

UCSal: Universidade Católica de Salvador

UEL: Universidade Estadual de Londrina

UFPR: Universidade Federal do Paraná

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNIOESTE: Universidade Estadual do Oeste do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 MÉTODO DE PESQUISA	14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	14
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	14
2.2.1 Objetivo principal	14
2.2.2 Objetivos secundários	15
2.3 PREMISAS	15
2.4 DELIMITAÇÕES	15
2.5 LIMITAÇÕES	15
2.6 DELINEAMENTO DA PESQUISA	15
3 VEDAÇÃO VERTICAL	18
4 SISTEMA <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	22
4.1 HISTÓRICO	22
4.2 <i>LIGHT STEEL FRAME</i> COMO FECHAMENTO EXTERNO	23
4.3 DIMENSIONAMENTO	26
4.4 PLACAS CIMENTÍCIAS	27
5 PRINCÍPIOS DE EXECUÇÃO E MONTAGEM	29
5.1 MÉTODO EMBUTIDO	30
5.2 MÉTODO CONTÍNUO	33
5.2.1 Conexões Rígidas	34
5.2.2 Conexões Não Rígidas	34
6 ACOMPANHAMENTO DA OBRA COM ALVENARIA	37
6.1 APRESENTAÇÃO DA OBRA	37
6.2 DOCUMENTOS	37
6.3 PLANEJAMENTO DA ETAPA CONSTRUTIVA	38
6.4 EXECUÇÃO	38
6.4.1 Transporte do material dentro do canteiro	39
6.4.2 Serviços antecedentes	39
6.4.3 Marcação e execução da primeira fiada	41
6.4.4 Instalações embutidas	41
6.4.5 Assentamento dos blocos	42
6.4.6 Esquadrias	44
6.4.7 Acabamento superficial	45

7 ACOMPANHAMENTO DA OBRA COM <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	47
7.1 APRESENTAÇÃO DA OBRA	47
7.2 DOCUMENTOS	47
7.3 PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO	47
7.4 EXECUÇÃO	48
7.4.1 Transporte do material dentro do canteiro	48
7.4.2 Serviços antecedentes	48
7.4.3 Marcação	49
7.4.4 Montagem dos painéis metálicos	49
7.4.5 Instalações embutidas	51
7.4.6 Esquadrias	52
7.4.7 Fechamento com placas cimentícias	53
7.4.8 Acabamento Superficial	55
8 COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS	57
8.1 ALTERAÇÕES NA EXECUÇÃO	57
8.1.1 Transporte do material dentro do canteiro	57
8.1.2 Serviços antecedentes	58
8.1.3 Marcação	58
8.1.4 Instalações embutidas	59
8.1.5 Esquadrias	59
8.2 ALTERAÇÕES NO PLANEJAMENTO E PRAZO	59
8.2.1 Serviços antecedentes	60
8.2.2 Marcação	60
8.2.3 Esquadrias	60
8.2.4 Acabamento superficial	61
8.3 ALTERAÇÕES NO CUSTO	61
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

A vedação vertical é um subsistema do edifício constituído por elementos que definem os ambientes internos e fornece proteção contra a ação de agentes indesejáveis. Para a execução das vedações verticais, pode-se utilizar uma variedade de materiais e componentes, bem como podem ser empregadas diversas técnicas construtivas. Em função do momento econômico nacional, a demanda do setor da construção civil está aumentando e é visível a necessidade da implementação de métodos construtivos mais eficazes, que diminuam o tempo de obra e possibilitem o aumento do controle de qualidade.

Nesta pesquisa será abordado o sistema para fechamento de vedações verticais *Light Steel Frame* utilizando placas cimentícias. Trata-se de um sistema construtivo americano, criado no século XX, utilizado na construção de pequenas casas, que através de perfis metálicos de aço galvanizado, que além de outras funções, formam painéis modulados nos quais é aplicado o fechamento da edificação, neste caso, as placas cimentícias.

O trabalho propõe analisar o método de construção a seco *Light Steel Frame* utilizando placas cimentícias para as paredes de vedação, que não possuem função estrutural, buscando transmitir conceitos de industrialização, racionalização e seus princípios de montagem. Desta forma, o trabalho, além de apresentar as vantagens e desvantagens da utilização do sistema *Light Steel Frame*, pretende indicar um método construtivo que possa amenizar os problemas conhecidos pelos profissionais da construção civil referentes à alvenaria de vedação como a baixa produtividade na execução, a elevada massa por unidade de superfície, a necessidade de revestimentos adicionais para ter textura lisa e a dificuldade de trabalho em climas adversos.

O trabalho utiliza como modelo de estudo os pavimentos tipo de dois empreendimentos em fase de construção, um em Porto Alegre e outro em Cachoeirinha. O primeiro segue o método tradicional com alvenaria para a execução de paredes externas de vedação, enquanto o segundo utiliza o sistema *Light Steel Frame*. As observações e dados coletados nestes empreendimentos servem de base para obtenção de índices práticos que, somados ao conteúdo obtido em pesquisa bibliográfica, permitem uma comparação entre os dois sistemas

construtivos abordados, destacando as principais alterações entre ambos, como procedimentos executivos, alterações de prazo e custos.

O relatório desse trabalho desenvolve-se em nove capítulos. O primeiro apresenta a introdução, com uma breve contextualização do assunto e justificativas de escolha do tema. O segundo capítulo explica o método de pesquisa, destacando os objetivos, pressupostos, limitações, delimitações e delineamento do trabalho. O terceiro capítulo, descreve de maneira sucinta as funções e a evolução da execução de paredes verticais. No quarto e quinto capítulo, é feita uma revisão bibliográfica do tema, destacando como o sistema *Light Steel Frame* se encontra na teoria. O capítulo seis descreve a execução de paredes externas de vedação utilizando alvenaria, através de observações feitas no empreendimento. Da mesma forma, o sétimo capítulo descreve como se dá a execução de paredes externas de vedação utilizando o sistema *Light Steel Frame* conjugado com placas cimentícias, de acordo com o acompanhamento do segundo empreendimento. Com base nas descrições, o capítulo oito apresenta a comparação dos dois métodos, destacando as principais diferenças encontradas e como estas alteram o andamento da obra em termos de execução, prazo e custo. O nono capítulo, por fim, apresenta considerações finais que podem ser tiradas sobre a execução de cada um dos métodos, buscando identificar qual o melhor sistema construtivo para cada situação.

2 MÉTODO DE PESQUISA

O trabalho irá traçar uma comparação entre o sistema construtivo proposto, que consiste em utilizar o sistema *Light Steel Frame*, com fechamento em placas cimentícias, e o processo convencional, muito difundido no Rio Grande do Sul, que utiliza alvenaria constituída de blocos cerâmicos e argamassa. Esta comparação será feita a partir do acompanhamento e da coleta de dados em obras que utilizam esses métodos.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: quais são as vantagens e desvantagens de construir paredes de vedação com o sistema *Light Steel Frame*, utilizando placas cimentícias, ao invés de utilizar alvenaria convencional?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em objetivo principal e objetivos secundários e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é fazer uma comparação deste sistema com o método convencional e, desta maneira, apontar quais as vantagens e as desvantagens que esta tecnologia construtiva, utilizada na fachada dos empreendimentos, acarreta:

- a) nos custos do empreendimento;
- b) no cronograma da obra;
- c) no ordenamento das etapas construtivas;
- d) no quantitativo necessário da mão de obra.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) detalhar o sistema de execução de fachadas *Light Steel Frame* utilizando placas cimentícias;
- b) descrever para cada um dos sistemas construtivos a serem comparados às variáveis citadas no objetivo principal.

2.3 PREMISSAS

O momento econômico nacional obriga o País a acelerar seu ritmo de construção, necessitando de métodos mais simplificados que os usuais. Dessa forma, torna-se importante a busca por tecnologias que sejam capazes de aumentar a velocidade do processo construtivo.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo comparativo de obras residenciais da região metropolitana de Porto Alegre com estrutura em concreto armado, que utilizam nas paredes externas placas cimentícias apoiadas em estruturas de aço galvanizado (*Light Steel Frame*), ou alvenaria de blocos cerâmicos.

2.5 LIMITAÇÕES

As limitações da pesquisa são as seguintes:

- a) a empresa responsável pela obra acompanhada que utilizou o sistema *Light Steel Frame* é iniciante na utilização do método;
- b) nem todos os dados serão coletados em obra pessoalmente pelo autor do trabalho;
- c) a diferença de porte das obras.

2.6 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento do trabalho abrangeu as seguintes etapas:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) definição dos dados que serão levantados;
- c) acompanhamento e levantamento dos dados nas obras;
- d) caracterização do sistema *Light Steel Frame*;
- e) caracterização do sistema alvenaria com blocos cerâmicos;
- f) análise dos resultados;
- g) conclusões finais.

A pesquisa foi realizada segundo a sequência de etapas apresentadas na figura 1 e cada etapa foi detalhada nos parágrafos abaixo.

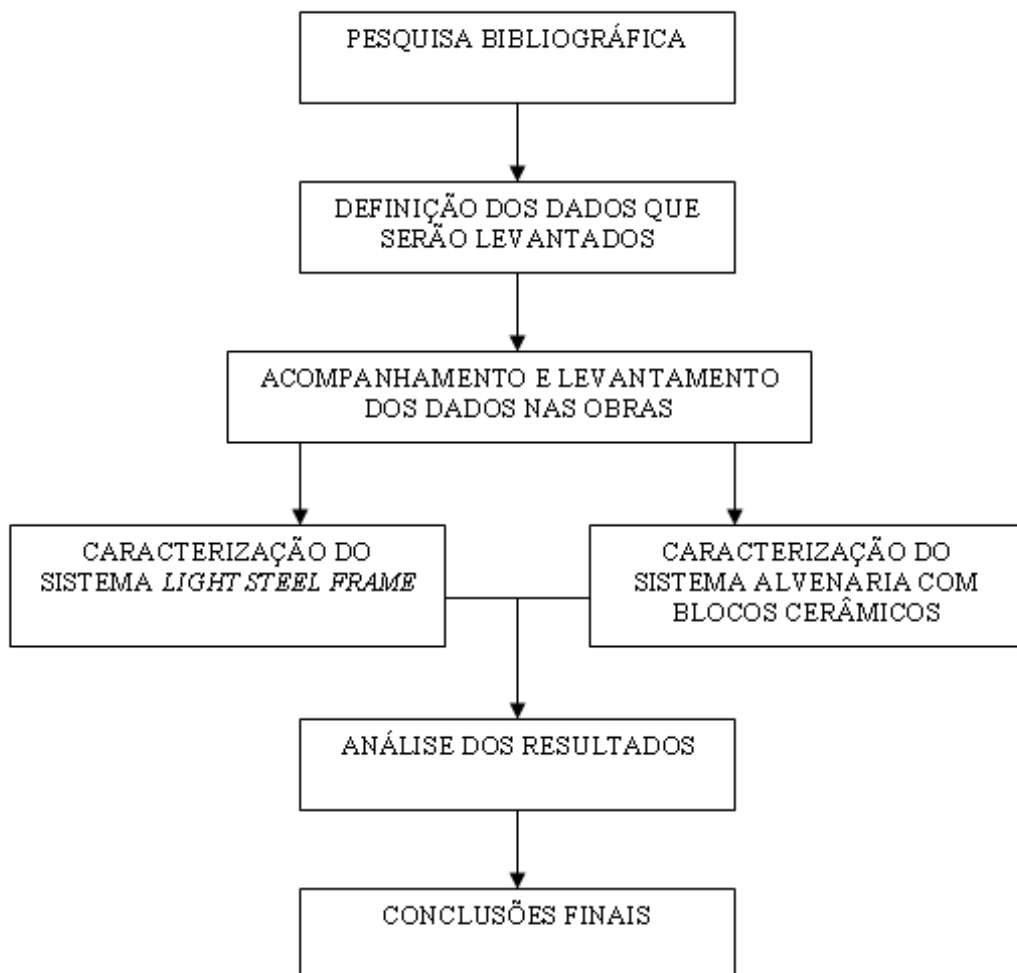


Figura 1: etapas da pesquisa

Primeiramente, foi definido o tema do trabalho e desenvolvido o método de pesquisa: questão de pesquisa, objetivos, premissa, delimitações, limitações e delineamento. Simultaneamente,

iniciou-se uma pesquisa bibliográfica, através de consulta de livros, revistas técnicas, artigos e demais materiais com o intuito de aprofundar o conhecimento sobre o tema para a formação do conteúdo do trabalho.

A seguir, foram determinados critérios e índices que serviram de base para comparação, iniciando a parte prática do trabalho, que se deu através do acompanhamento das obras de construção de dois empreendimentos, o primeiro utilizando alvenaria e o segundo o sistema *Light Steel Frame*. Durante esta etapa foram coletados todos os dados e resultados obtidos para fazer-se uma comparação dos dois sistemas.

O passo seguinte foi a elaboração de uma descrição detalhada dos sistemas LSF e o tradicional com alvenaria, permitindo que se tenha conhecimento do que são os dois métodos construtivos individualmente, antes de serem comparados. É importante ressaltar a importância da etapa de observação das obras, pois esta forneceu dados e informações verificadas na prática, permitindo a confirmação ou contestação das informações obtidas na bibliografia.

Com a posse de informações bibliográficas, dados coletados durante todo o acompanhamento das obras e descrição detalhada da execução de cada um dos métodos, tornou-se possível confrontar os resultados dos dois sistemas construtivos, comparando-os de forma qualitativa e quantitativa.

Finalmente, foi realizada uma análise dos resultados dessa comparação, onde foram feitas considerações finais a respeito dos sistemas construtivos.

3 VEDAÇÃO VERTICAL

Este capítulo abordará as paredes de vedação, apontando a evolução de processos construtivos e de matéria prima utilizada nas mesmas. Além disso, conceitua a industrialização na construção civil e cita as limitações para a implementação de novas tecnologias para a construção das vedações verticais no Brasil.

As vedações, além de servirem de suporte e proteção às instalações prediais e aos equipamentos de utilização do edifício, criam também condições de habitabilidade e segurança (FRANCO¹, 1998a apud SILVA; SILVA, 2004, p. 9). Franco (1998b, p. [2]) afirma que a vedação vertical também é um dos principais subsistemas que condicionam o desempenho do edifício, sendo a principal responsável por características ligadas ao conforto higrotérmico e acústico, pela segurança de utilização frente a ações excepcionais e pelo desempenho estético que proporciona valorização do imóvel.

Na produção de edifícios, as vedações verticais têm um papel importante (BARROS², 1998 apud SILVA; SILVA, 2004, p. 11), por influenciarem e serem responsáveis por algumas características, dentre as quais pode-se citar:

- a) determinação de diretrizes para o planejamento da execução da edificação;
- b) determinação do potencial de racionalização da produção, pois possui interfaces com outros subsistemas (instalações prediais, esquadrias, revestimentos e estrutura);
- c) participação como elemento estrutural, ou servir de travamento da estrutura de concreto armado, ou ainda servir apenas de fechamento da edificação;
- d) profunda relação com a ocorrência de problemas patológicos.

A história comprova que a alvenaria foi o primeiro material utilizado para o fechamento vertical em edificações de grande porte e são notáveis os exemplos de realizações de alvenaria na Antiguidade No Brasil, Franco (1998b, p. [1]) descreve que a alvenaria de pedras foi

¹ FRANCO, L. S. O desempenho estrutural e a deformabilidade das vedações verticais. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998a, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1998. p. 95-112.

² BARROS, M. M. S. B. O desafio da implantação de inovações tecnológicas no sistema produtivo das empresas construtoras. In: TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998, São Paulo **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1998. p. 237-248.

utilizada nas cidades litorâneas onde este material existia em abundância, a partir da colonização do País. Entretanto, a utilização de tijolos, material utilizado atualmente, só se tornou popular, a partir do ciclo econômico do café, começando por obras ligadas diretamente ao beneficiamento daquele produto agrícola.

Desde então, as empresas brasileiras de construção tomaram conhecimento da importância das vedações verticais no processo construtivo. A cultura construtiva dessas empresas ainda caracteriza-se pela alvenaria tradicional como solução de vedação, apesar de seu elevado índice de desperdício e retrabalho embutidos. Segundo Silva e Silva (2004, p. 8), o emprego da alvenaria tradicional não é a solução mais apropriada, principalmente nas situações em que a velocidade da execução das vedações verticais seja um fator crítico na construção de edifícios. Empresas que buscam ganhos de produtividade e diminuição de perdas para serem competitivas no mercado precisam necessariamente investir na racionalização da produção das vedações verticais.

O uso intensivo da alvenaria tradicional distancia-se dos conceitos de montagem industrial e precisão dimensional que caracterizam o emprego da pré-fabricação. A pré-fabricação, segundo Ordonéz³ (1974 apud OLIVEIRA et al., 2002, p. [2]) “[...] é uma fabricação industrial, fora do canteiro, de partes da construção, capazes de serem utilizadas mediante ações posteriores de montagem.”. Portanto, pode-se dizer que a pré-fabricação é uma tecnologia de grande potencial para incrementar os níveis de industrialização dos processos construtivos.

A pré-fabricação, muitas vezes, é confundida com a industrialização, entretanto, ela é apenas uma de suas manifestações. Segundo Silva e Silva (2004, p. 8), a principal característica da construção industrializada é a determinação de cada passo do processo construtivo ainda na fase de projeto, para desta forma serem fabricados os materiais necessários, de modo a evitar qualquer alteração na obra em andamento.

Silva e Cerqueira (2008, p. 1) deixam claro que a utilização de elementos pré-fabricados nas construções começou a ter importância efetiva a partir da Segunda Guerra Mundial, período em que a pré-fabricação era a manifestação mais significativa da industrialização na construção. A utilização intensiva do pré-fabricado deu-se em função da necessidade de se construir em grande escala, reerguendo desta maneira as edificações destruídas pela Guerra.

³ ORDONÉZ, J. A. F. **Pre-Fabrication** – Teoria y Pratica. Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1974. v. 1.

No Brasil, segundo a ABCI – Associação Brasileira de Construção Industrializada⁴ – (1980 apud SILVA; CERQUEIRA, 2008, p. 2), não existiu uma política de desenvolvimento tecnológico para o setor da construção industrializada. Assim, o que restou, até o início da década de 90, se deve ao arrojo dos empresários interessados no avanço da industrialização, que financiaram pesquisas voltadas à redução de custos e maior agilidade no processo de execução. Por isso, até hoje, a utilização de processos construtivos pré-fabricados, é mais expressivo nas construções industriais, comerciais e em empreendimentos hoteleiros.

O interesse por outras alternativas de vedação mostrou-se pequeno até o grande impulso decorrente da introdução de procedimentos para a certificação de qualidade. Com a série de normas ISO 9000 (*International Organization for Standardization*), a busca pela redução de perdas e do ciclo de construção reacenderam o interesse para a racionalização de todos os subsistemas da edificação (SILVA; SILVA, 2004, p. 10).

Porém, os especialistas se depararam com um problema, o ambiente em que se insere a indústria da construção de edifícios. O pouco treinamento e baixa escolaridade da mão de obra dificultam a implantação de ações de melhoramento de sistemas construtivos, por mais simples que sejam. Isto é, essas ações não são fáceis de serem incorporadas ao sistema de produção das empresas, de modo que seus efeitos benéficos sejam perenizados e reproduzidos em empreendimentos futuros.

Além do ambiente em que se inserem as obras, Silva e Silva (2004, p. 11) indicam outras limitações que deverão ser superadas antes da introdução de quaisquer tecnologias racionalizadas para vedações. O quadro 1 apresenta as principais limitações de utilização de vedações pré-fabricadas.

⁴ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **A história dos pré-fabricados e sua evolução no Brasil**. São Paulo, 1980.

Limitações
Imagem negativa de vedações pré-fabricadas junto aos usuários.
Necessidade de mudanças na qualidade do processo de produção dos demais subsistemas.
Necessidade de mudanças organizacionais nos processos de gestão de empreendimentos e de produção.
Dependência de profissionais habilitados em todos os níveis.
Dependência na fabricação de complementos e acessórios no Brasil.
Necessidade de interação com os outros subsistemas construtivos.
Comercialização apenas das tecnologias de vedação e não de soluções construtivas.
Necessidade de precisão dimensional (e limitação da deformação aceitável) da estrutura e dos demais subsistemas.
Utilização de painéis apenas de vedação.

Quadro 1: limitações na utilização de vedações pré-fabricadas
(baseada em SILVA; SILVA, 2004, p. 9)

Dessa forma, para a superação das limitações citadas, muitos pontos precisam ser estudados e aperfeiçoados para que na construção civil nacional sejam implantados métodos mais eficazes de construção das vedações verticais. Neste trabalho, o estudo será dedicado ao método para fechamento de edificação *Light Steel Frame* (LSF) conjugado com placas cimentícias. O conceito teórico e o detalhamento construtivo deste método são abordados nos próximos capítulos.

4 SISTEMA *LIGHT STEEL FRAME*

Segundo Freitas e Crasto (2006, p. 12) existem dois conceitos básicos relativos ao sistema *Light Steel Frame* (LSF): *Frame* é o esqueleto estrutural projetado para dar forma e suportar a edificação, sendo composto por elementos leves – os perfis formados a frio (PFF) – e *Framing* é o processo pelo qual se unem e vinculam esses elementos. Neste capítulo será relatada a evolução do sistema construtivo LSF, a sua aplicabilidade no fechamento externo de edificações e alguns princípios básicos para o seu dimensionamento. Além disso, neste capítulo serão abordadas as placas cimentícias, responsáveis pelo fechamento das paredes externas na obra estudada.

4.1 HISTÓRICO

Jardim e Campos ([entre 2004 e 2009], p. [1]) afirmam que no século XIX, quando todo território dos Estados Unidos era ocupado e a sua população se multiplicou por dez, aquele País viu crescer rapidamente a demanda por edificações. Para atender a esta necessidade, recorreu-se à utilização da madeira fornecida pelas imensas reservas florestais existentes à época. Foram empregados também conceitos provindos da Revolução Industrial como praticidade, velocidade e produtividade. Surgiu então o sistema construtivo denominado: *Wood Framing*, que consiste em construir edificações apoiadas em perfis de madeira (figura 2).



Figura 2: obra sendo executada em *Wood Framing*
(SACCO; STAMATO, 2008, p. 79)

A partir da metade do século XX, as siderúrgicas americanas, começaram a disponibilizar aços com menores espessuras e maior resistência à corrosão. Começava, então, a tecnologia dos aços galvanizados. Este fato possibilitou a troca lenta e gradual das estruturas de madeira por perfis de aço, se intensificando quando as companhias seguradoras sobretaxaram as obras em *Wood Framing* e subtaxaram o LSF, dando amplo incentivo ao desenvolvimento e aplicação da tecnologia metálica (JARDIM; CAMPOS, [entre 2004 e 2009], p. [1])

O exemplo americano em uso de estruturas em aço, assim como em outros países industrializados, demonstra que o sistema LSF encontra-se há muito consolidado e alicerçado no desenvolvimento de sistemas eficientes de construção. Contudo, Silva e Silva (2004, p. 6) afirmam que no panorama nacional a carência de tecnologias para aliar o aço à execução de vedações é uma das principais dificuldades para viabilizar o emprego generalizado de construções metálicas no Brasil, uma vez que a utilização de estruturas metálicas é muito inferior à capacidade produtiva do parque siderúrgico brasileiro. Comprovando isso, o Centro Brasileiro de Construção em Aço (2003, p. 8) reforça que os recursos para a produção de aço conformado a frio são abundantes, sendo que tecnologia foi aperfeiçoada de modo que a oferta do aço tem se mantido crescente. Estes e outros fatores tornaram o aço um material estrutural viável para atender as exigências da indústria de construção.

Entretanto, demonstrando o empenho nacional na implementação de perfis metálicos para as vedações de edifícios, Jardim e Campos ([entre 2004 e 2009], p. [2]) afirmam que devido ao esforço da iniciativa privada, o método vem ganhando projeção no mercado nacional, e já pode-se encontrar em várias regiões do País obras construídas com esse sistema, tais como residências, escolas, hospitais, edifícios multifamiliares. Santiago e Araújo (2008, p. 2) acrescentam que no Brasil, seu emprego ainda é pouco usual, mas vem mostrando significativo potencial de crescimento, visto o interesse do mercado da construção em encontrar alternativas mais eficientes do que os sistemas artesanais predominantes.

4.2 *LIGHT STEEL FRAME* COMO FECHAMENTO EXTERNO

Como já foi apresentado, o sistema *Light Steel Frame* é uma proposta para racionalizar a concepção da estrutura da edificação utilizando-se perfis dobrados a frio (TERNI et al., 2008, p. 84). Seu principal emprego no Brasil é na execução de habitações unifamiliares de pequeno porte (até dois pavimentos). No entanto, seu uso também abrange construções bastante

variadas, como hospitais, escolas e edifícios de apartamentos de até quatro pavimentos, além de *retrofit* de edificações existentes (FREITAS; CRASTO, 2006, p. 18).

Atualmente, uma das aplicações do sistema que vem despertando interesse de vários profissionais da construção civil é o uso do LSF como fechamento externo de fachadas para edifícios de múltiplos pavimentos com estrutura principal portante de diversos tipos (figura 3). Santiago e Araújo (2008, p. 3) afirmam que o sistema de fechamento utilizando painéis de LSF oferece vantagens construtivas, em relação à alvenaria, semelhantes aos painéis pré-fabricados em concreto ou aos painéis metálicos. Dentre as principais vantagens os autores citam:

- a) o fechamento em LSF possui montagem simples;
- b) peso próprio baixo (implicando em alívio nas solicitações da estrutura principal e nas fundações);
- c) o transporte do sistema para o canteiro e dentro deste é fácil, uma vez que os elementos industrializados, como placas de acabamento, possuem dimensões pequenas;
- d) LSF é um sistema aberto, onde os elementos industrializados padronizados podem ser adaptados a qualquer exigência de projeto, diferente dos painéis em concreto, produzidos sob medida para cada obra.



Figura 3: obra com fechamento externo em LSF em Belo Horizonte (SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 5)

Somando-se as vantagens citadas anteriormente, o quadro 2 indica algumas vantagens na utilização de vedações pré-fabricadas em comparação ao processo tradicional, que utiliza alvenaria no fechamento de fachada. Todas as vantagens que as vedações pré-fabricadas geram são válidas para o sistema LSF.

Vantagens
Maior organização e limpeza no canteiro.
Redução do número de atividades realizadas no canteiro.
Facilidade no controle e menor desperdício de materiais.
Diminuição de acidentes.
Facilidade de utilização de instalações embutidas e de manutenção dessas instalações.
Facilidade de introdução de isolamentos.
Eliminação ou diminuição de algumas atividades existentes no processo tradicional, tais como revestimento.
Precisão dimensional e superfícies lisas.
Possibilidade de ganho de área útil construída.

Quadro 2: vantagens na utilização de vedações pré-fabricadas
(SILVA; SILVA, 2004, p. 9)

Segundo Jardim e Campos ([entre 2004 e 2009], p. [9]) é importante ressaltar que a normalização, outra importante vertente no desenvolvimento do LSF, vem sendo trabalhada de forma a regulamentar a produção dos produtos utilizados nesse sistema construtivo e a não conflitar com o Código de Defesa do Consumidor, publicado em 1990, que em seu Artigo 39, indica: “É vedado ao fornecedor de produtos e serviços: [...] colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas [...]”.

Uma demonstração do esforço para a normalização desse sistema foi (JARDIM; CAMPOS, [entre 2004 e 2009], p. [9]):

[...] as publicações das normas NBR 6355 (2003) – Perfis estruturais de aço formados a frio e a NBR 14762 (2001) – Dimensionamento de estrutura de aço constituídas por perfis formados a frio. A primeira, padroniza a produção dos perfis de aço e a segunda regulamenta os procedimentos para dimensionamento da estrutura de aço, ambas de suma importância para o LSF.

4.3 DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento da estrutura de aço constituída por perfis formados a frio, é regido pela NBR 14762, citada anteriormente, que fornece as considerações de dimensionamento dos elementos estruturais para as diversas formas de solicitações e particulares para cada verificação (TERNI et al., 2008, p. 87). Os mesmos autores citam que na análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura em exame, levando-se em conta os possíveis estados limites últimos e os de serviço.

Santiago e Araújo (2008, p. 4) reforçam que a responsabilidade estrutural do fechamento em LSF é resistir às cargas verticais decorrentes de seu peso próprio e dos materiais de acabamento e esquadrias ligados diretamente aos painéis, transmitido-as à estrutura principal do edifício. Além das cargas verticais, também é responsabilidade do LSF resistir às cargas horizontais decorrentes da incidência do vento e de impactos causados pela utilização normal do edifício.

Nesse sentido, a avaliação e determinação das ações (permanentes, variáveis e excepcionais) e seus esforços solicitantes seguem os procedimentos normativos de estruturas de modo geral. Nessas tarefas, são importantes, entre outras as normas, NBR 8681 – Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento –, a NBR 6120 – Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações – Procedimento –, a NBR 6123 – Forças Devidas ao Vento em Edificações – Procedimento – (TERNI et al., 2008, p. 87).

Schafer⁵ et al. (2003 apud SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 4) afirma que é importante estudar os deslocamentos aos quais a estrutura principal do edifício está sujeita para a escolha

5 SCHAFFER, B. W.; DIGIROLAMO, E.; EILER, M.; FISHER, J.; LINDENBERG, R.; MADSEN, R. L.; METTLER, M.; MILLER, T. H.; PEYTON, D.; POLARD, G.; ROECKER, T.; ROGERS, C.;

da forma de execução do fechamento, especialmente em edificações muito altas, instaladas em locais de grande incidência de vento ou sujeitos a cargas sísmicas. Porém, na maioria dos casos, o fechamento em LSF é dimensionado como um sistema secundário, ou seja, não possui papel estrutural global no edifício. Nesta situação, a estrutura principal do edifício deve ser dimensionada sem considerar o sistema de fechamento para sua estabilização ou suporte de cargas.

Terni et al. (2008, p. 87) reforçam a importância de a rotina de dimensionamento para os elementos de perfis metálicos siga o que se desenvolve comumente num projeto de estruturas. Este fato deve ser considerado, pois no sistema LSF é usual a aplicação de perfis com seções transversais abertas e assimétricas e, portanto, a análise do comportamento dessas seções deve ser criteriosa, a fim de garantir a segurança da vedação vertical utilizando este método construtivo.

4.4 PLACAS CIMENTÍCIAS

Segundo Loturco (2003, p. 79), por definição, toda chapa delgada que contém cimento Portland na composição é chamada de cimentícia. Cichinell (2007, p. 54) declara que as chapas cimentícias, também conhecidas como placas cimentícias, surgiram na década de 1970, mas foi a partir do desenvolvimento do mercado de construção a seco que começaram a ser mais usadas no País. Estas placas foram criadas para serem uma opção para o fechamento de áreas molháveis, ambiente hostil para o gesso acartonado, porém suas funções foram além desta aplicação, gerando assim uma ampla versatilidade de uso ao material.

A utilização das placas cimentícias como fechamento apresenta diferentes níveis de industrialização na produção das habitações, os quais se diferem pelo esquema de montagem adotado. As etapas de produção da edificação, bem como a experiência da adoção dessa tecnologia em países industrializados, evidenciam o alto poder de industrialização do sistema construtivo. No presente trabalho a instalação das placas cimentícias será inserida nos procedimentos de montagem do sistema construtivo *Light Steel Frame*.

SHANMUGAM, N. E.; WALKER, S. H. Accommodating Building Deflections: what every EOR should know about accommodating deflections in secondary cold-formed steel systems. **Structure Magazine**, EUA: NCSEA/CASE/SEI, p. 16-18, mar. 2003.

Para a obtenção de bons resultados nas diversas aplicações, as placas cimentícias possuem algumas diferenças fundamentais em sua composição. Anteriormente as placas eram desenvolvidas a partir de matrizes de cimento que continham amianto, mas, com a proibição desta fibra, as chapas receberam em suas composições fibras sintéticas e fibras de vidro. As mais utilizadas atualmente dividem-se em dois grupos, as placas com fibras dispersas na matriz ou então as que apresentam reforços em malhas de fibras de vidro nas superfícies. Cichinell (2007, p. 54) cita os tipos de placas cimentícias disponíveis no mercado:

- a) CRFS (Cimento Reforçado com Fios Sintéticos) – placas com cimento Portland, agregados naturais, celulose e fios sintéticos;
- b) GRC ou GRFC (*Glass Fiber Reinforced Concrete*) – placas com cimento Portland, agregados e fibras de vidro resistentes a álcalis dispersos na matriz;
- c) Placas com cimento Portland – agregados leves, reforçadas com telas de fibra de vidro nas superfícies.

Como foi definido anteriormente, todas as placas cimentícias possuem fibras e estas, além de atuarem de modo semelhante ao das barras de aço no concreto armado, têm como função aumentar a capacidade de absorver deformações à tração, à flexão e aos impactos. O reforço, aleatoriamente disposto ao longo de toda a matriz cimentícia, evita o aparecimento de fissuras e garante o aumento da tenacidade do compósito, pela ampliação da capacidade de suporte de carga da matriz após a sua fissuração (HANNANT⁶, 1978 apud SILVA; SILVA, 2004, p. 26).

Para a padronização e a qualificação dos produtos ofertados ao mercado brasileiro foi aprovada a NBR 15498 – Placa Plana Cimentícia sem Amianto – Requisitos e Métodos de Ensaio –, que vigora desde agosto de 2007, é a primeira norma nacional a estabelecer os requisitos, métodos de ensaio e as condições de recepção das placas planas cimentícias reforçadas com fibras, fios, filamentos ou telas. A classificação prevista segue a filosofia da norma internacional ISO 8336 (*Fibre-cement flat sheets – Product specification and test methods*) (CICHINELL, 2007, p. 54).

⁶ HANNANT, D. J. **Fibre Cements and Fibre Concretes**. New York: John Wiley & Sons, 1978.

5 PRINCÍPIOS DE EXECUÇÃO E MONTAGEM

Segundo Freitas e Crasto (2006, p. 24) há três métodos de construção utilizando o LSF:

- a) método *stick*: nesta técnica de construção os perfis são cortados no canteiro da obra e os painéis são montados no local. Esse sistema pode ser usado em locais onde a pré-fabricação não é viável;
- b) método por painéis: os painéis podem ser pré-fabricados fora do canteiro e montados no local. Alguns materiais de fechamento podem também ser aplicados na fábrica para diminuir o tempo da construção. Os painéis são conectados no local usando as técnicas convencionais (parafusos auto-brocantes e auto-atarrachantes);
- c) construção modular: construções modulares são unidades completamente pré-fabricadas e podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos internos como revestimentos, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos, metais, instalações hidráulicas e elétricas, etc. Exemplo muito comum deste tipo de construção são os módulos de banheiros para obras comerciais ou residenciais de grande porte.

Neste trabalho, o método por painéis será adotado, pois se trata da técnica mais utilizada na execução das vedações verticais e, além disso, garante uma melhor produtividade, qualidade e melhores condições de trabalho se comparado ao método *stick*.

Os painéis são estruturais ou auto-portantes quando compõem a estrutura, suportando as cargas da edificação, e podem ser tanto internos quanto externos. São não-estruturais quando funcionam apenas como fechamento externo, ou seja, sem ter função estrutural (FREITAS; CRASTO, 2006, p. 32).

Freitas e Crasto (2006, p 47) também citam que os painéis associados a elementos de vedação, exercem a mesma função das paredes das construções convencionais. Quando se trata de fechamento da fachada do edifício, devido ao peso que as placas cimentícias exercem nos painéis metálicos é recomendável utilizar os mesmos perfis que constituem os painéis estruturais.

Santiago e Araújo (2008, p. 8) ressaltam que no projeto de fechamentos em LSF, é preciso avaliar as cargas as quais o fechamento está sujeito e a amplitude dos deslocamentos previstos, para que se determine a melhor forma de fixação, que pode ser rígida ou não-rígida

verticalmente. A *Light Gauge Steel Engineers Association*⁷ (2004, apud SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 8) afirma que é usual nos fechamentos com painéis divididos a combinação entre formas de fixação em cada um dos painéis, sendo a rígida instalada na extremidade inferior (responsável pela sustentação do painel), e a não-rígida locada na extremidade superior (fundamental para o equilíbrio do painel).

Segundo Santiago e Araújo (2008, p. 5) a execução da vedação de um edifício utilizando o LSF classifica-se em dois métodos: o embutido, onde os painéis são montados internamente aos quadros da macroestrutura, e o contínuo, em que os painéis independem dos quadros da macroestrutura. O detalhamento dos métodos é apresentado nas próximas seções do trabalho.

5.1 MÉTODO EMBUTIDO

O método embutido é a solução construtiva mais recorrente para fechamento de fachadas com o sistema LSF. Santiago e Araújo (2008, p. 8) afirmam que neste processo, os painéis estruturados, são montados internamente aos quadros da macroestrutura do edifício, ou seja, são instalados entre as lajes, e transmitem suas cargas à estrutura que está imediatamente abaixo (figura 4).

Os mesmos autores relatam que modelo de montagem de fechamento embutido não oferece restrição ao porte do edifício e nem requer sistemas auxiliares de sustentação e transmissão de carga para a estrutura do edifício. Porém, o método embutido também possui limitações, a dificuldade em compensar problemas de prumo e alinhamento decorrentes da deformação e de possíveis erros, da ordem de poucos centímetros, na execução da estrutura principal é um exemplo de restrição do sistema, em função disso, a utilização do LSF exige uma maior qualidade da construção. A fixação da estrutura metálica à laje é normalmente feita com pinos acionados à pólvora e deve ser previsto isolamento com manta emborrachada entre os painéis e a estrutura, com o intuito de dar a interface uma função de amortecimento que absorva as deformações decorrentes das variações de temperatura e de vedação acústica.

⁷ LIGHT GAUGE STEEL ENGINEERS ASSOCIATION. Design of by-pass Slip Connectors in Cold-Formed Steel Construction. Washington, 2004. 8 p. Technical Note 544 (TN-544).

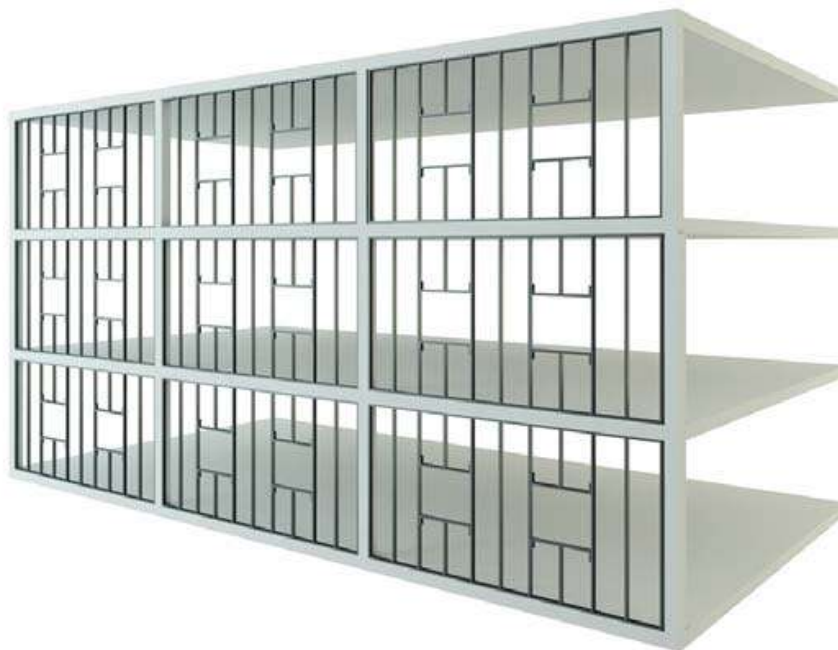


Figura 4: fechamento em LSF – Método Embutido
(SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 5)

Os detalhes de montagem existentes, que definem o isolamento ou não do fechamento em relação aos deslocamentos da estrutura principal, sempre estão situados na parte superior dos montantes. Na montagem rígida, a mais simples de ser executada, a fixação dos montantes à guia superior é feita com os mesmos parafusos e processos de montagem comuns ao sistema LSF (figura 5a) (SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 5). Por sua vez, detalhes nas montagens não-rígidas apresentam diversas variações na forma de execução, entre elas estão:

- a) a montagem com as extremidades superiores dos montantes não parafusadas à guia e travadas horizontalmente, deixando espaço para deslocamento sem a necessidade de peças especiais (figura 5b);
- b) as guias superiores com furos oblongos nas guias para fixação dos montantes, que permitem a pré-fabricação e o transporte dos painéis de fechamento (figura 5c);
- c) a fixação individual da extremidade superior dos montantes com cantoneiras com furos oblongos nas suas abas, que é capaz de absorver tanto deslocamentos verticais quanto horizontais (figura 5d).

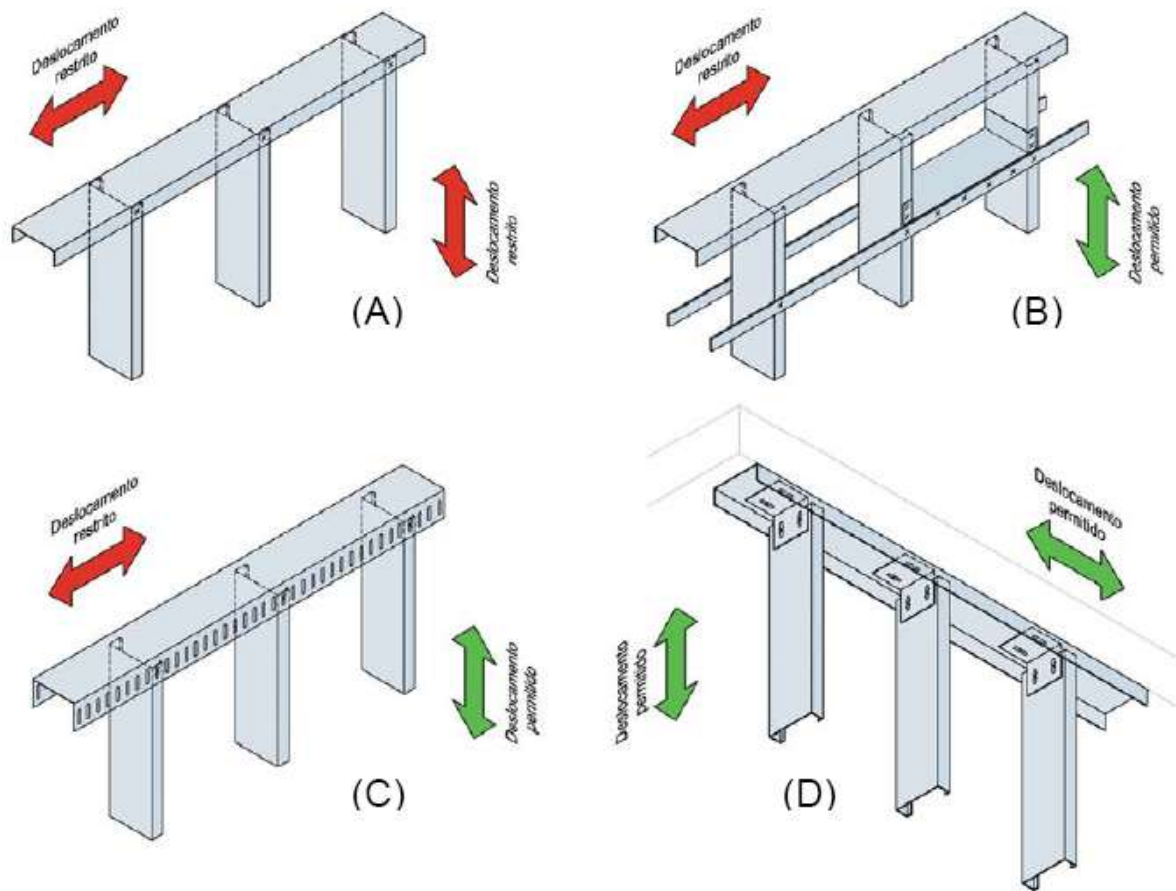


Figura 5: variações de detalhes para montagem de fechamentos no método embutido (SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 5)

Quanto a instalação das placas cimentícias, estas podem ser montadas entre os quadros, deixando a estrutura principal do edifício aparente (figura 6a). Neste caso, o cuidado na interface entre as placas e a estrutura deve ser reforçado, pois os materiais envolvidos no processo possuem propriedades distintas. Já quando se opta por ocultar a estrutura principal, as placas são montadas contínuas, resultando em interfaces mais simples e menos problemáticas (figura 6b).

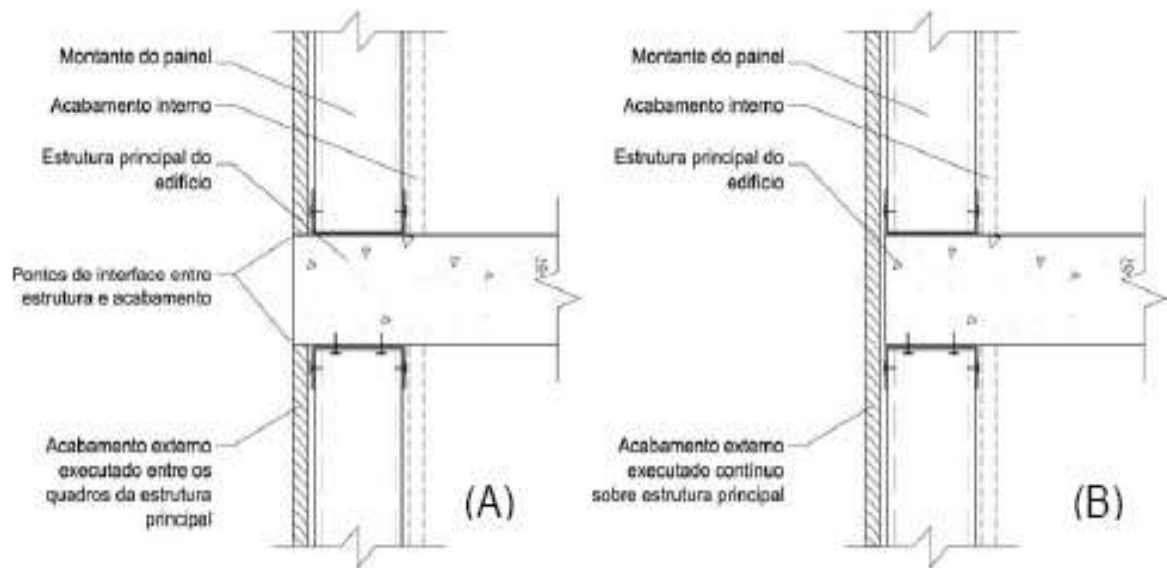


Figura 6: acabamentos dos painéis sobrepondo ou deixando a vista a estrutura (SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 8)

5.2 MÉTODO CONTÍNUO

O método contínuo de fechamento para fachadas utiliza painéis contínuos externos, concebidos independentemente dos quadros da estrutura principal (figura 7). Esta técnica maximiza o aproveitamento da área interna do edifício, já que não ocupa espaço na laje executada, e permite ajustes no alinhamento vertical da fachada, livre de sujeição a eventuais imprecisões na execução da estrutura principal. Para sua conexão com a estrutura principal, são necessárias peças especiais, denominadas *inserts*, executadas em aço galvanizado, com chapa mais espessa e com conformações que variam de acordo com o propósito da conexão: rígida ou não rígida (SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 6).



Figura 7: fechamento em LSF – Método Contínuo
(SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 7)

5.2.1 Conexões Rígidas

Os fechamentos contínuos devem ser divididos, verticalmente, em painéis com altura de um ou dois pavimentos. Essas estruturas podem ser apoiadas umas sobre as outras, de forma que cada painel descarregue seu peso próprio combinado com o peso das placas cimentícias no painel abaixo, até que o painel da extremidade inferior transmita toda a carga do fechamento para a fundação. Neste caso, os *inserts* são responsáveis apenas por resistir às cargas horizontais de vento e devem permitir a transmissão livre das cargas verticais para baixo. A forma mais simples de um *insert* com tal característica é uma chapa dobrada em L ou uma cantoneira com abas da dimensão do montante, caso haja a necessidade da estrutura resistir a uma maior carga horizontal, com furos oblongos na face em contato com os montantes do fechamento (figura 8a) (SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 7).

5.2.2 Conexões Não Rígidas

Os painéis contínuos também podem ser divididos verticalmente e possuir apoios conectados à estrutura principal, que resistem tanto às cargas horizontais quanto aos carregamentos

verticais decorrentes do peso próprio da fachada, em função disso esta técnica requer maior dedicação no cálculo das tensões aplicadas nos *inserts*. Neste caso, os *inserts* são rígidos, ou seja, semelhantes aos *inserts* do caso anterior, porém, o que os difere é a ausência furos oblongos na face em contato com a estrutura metálica (figura 8b) (SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 7).

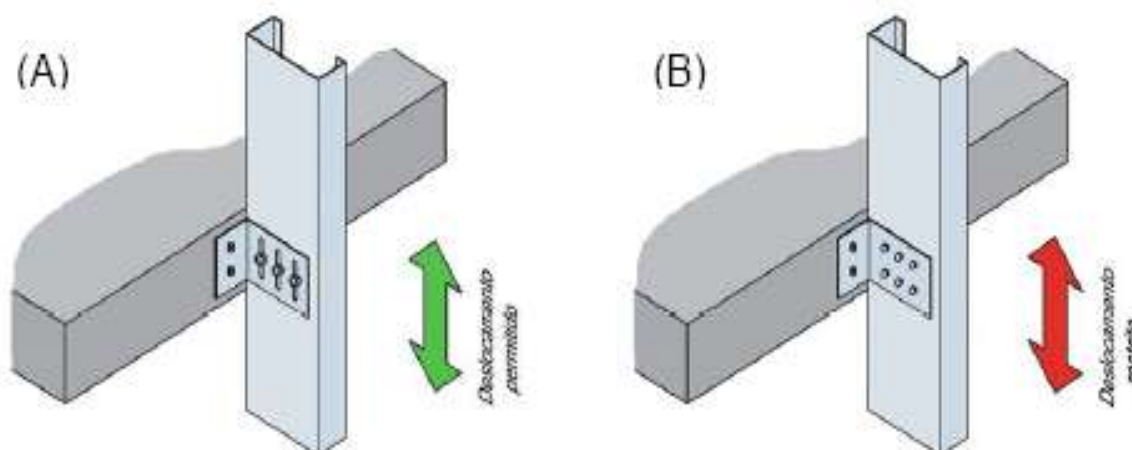


Figura 8: variações de *inserts* de fixação para painéis contínuos (SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 7)

O método contínuo, tanto com conexões rígidas, quanto não rígidas, segundo Santiago e Araújo (2008, p. 8) propicia um acabamento que elimina os pontos de interface entre acabamentos externos e estrutura principal, uma vez que tanto os painéis em LSF quanto as placas cimentícias são montados em planos diferentes da estrutura principal e por isso possuem desempenho independente (figura 9). Desta maneira, um dos pontos com maior potencial de patologias é eliminado, facilitando o detalhamento da montagem e sua satisfatória execução.

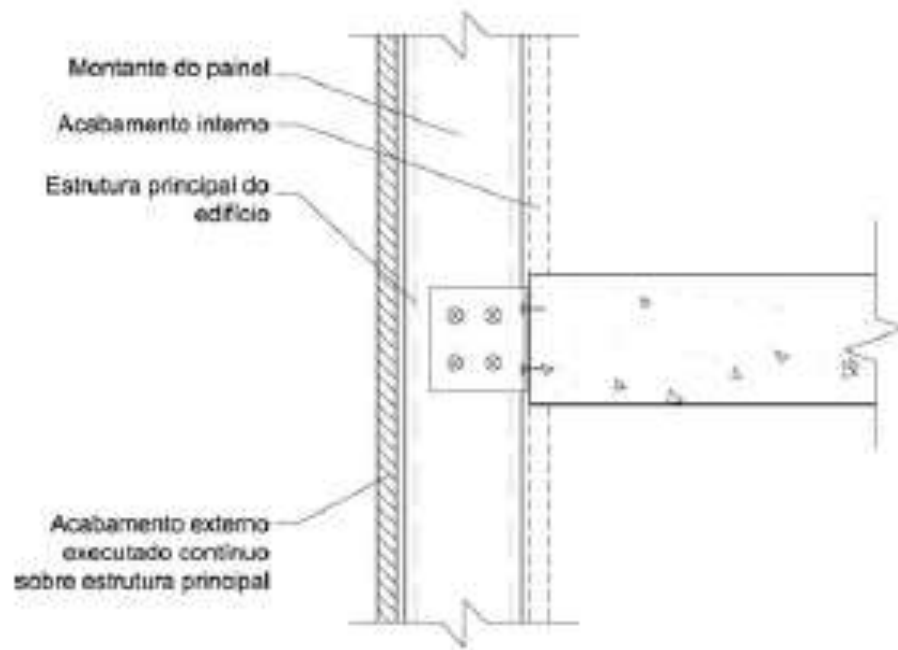


Figura 9: acabamento sem interrupção em painéis contínuos
(SANTIAGO; ARAÚJO, 2008, p. 7)

6 ACOMPANHAMENTO DA OBRA COM ALVENARIA

Neste capítulo, é realizada uma descrição do acompanhamento da obra que executa as paredes externas de vedação com alvenaria. O item apresenta uma descrição das etapas que envolvem a produção destas.

6.1 APRESENTAÇÃO DA OBRA

A obra em estudo faz parte de um empreendimento localizado na cidade de Porto Alegre, com uma torre comercial e outra residencial. O trabalho utilizou para observações apenas os pavimentos tipo da torre residencial, que, neste trabalho, é identificada por obra 1.

A execução da alvenaria da fachada externa desta obra foi simultânea à execução das paredes de alvenaria internas do edifício, para a realização do serviço, foram utilizados procedimentos que estão inseridos na gestão de qualidade da empresa, como controles e fichas de verificação. O acompanhamento da obra compreendeu a produção de 17 lajes de pavimentos tipo, do 3º ao 19º pavimento, porém neste item é feita a descrição da produção de apenas um pavimento tipo, embora deva ser entendida como um resumo de todas as observações.

Esta torre residencial possui 23 pavimentos, sendo 17 pavimentos tipo. No pavimento tipo há 10 apartamentos, sendo quatro com dois dormitórios (66,52 m²) e seis com apenas um dormitório (38,18 m²). O pavimento possui área total de 580 m² de alvenaria, sendo 262 m² de paredes externas.

6.2 DOCUMENTOS

Para execução dos serviços de alvenaria dos pavimentos tipos foram utilizados os seguintes documentos:

- a) projetos: de modulação da alvenaria (plantas-baixas e vistas), hidrossanitário, elétrico, de ar condicionado, de escada pressurizada, de gás, dos elevadores e de segurança;

- b) caderno de procedimentos e fichas de verificação de serviço para execução de alvenaria não-estrutural;
- c) planilhas de controle: produtividade da mão de obra de execução da alvenaria (aferida diariamente pelos responsáveis da obra).

6.3 PLANEJAMENTO DA ETAPA CONSTRUTIVA

O quantitativo de blocos e elementos pré-moldados utilizados no pavimento tipo foi elaborado a partir das vistas de modulação da alvenaria, as quais foram analisadas criteriosamente, prevendo possíveis agrupamentos ou desmembramentos das vistas, assim como os vãos que seriam executados em outros momentos, como neste caso, a parede do guincho. O quantitativo de argamassa foi estabelecido a partir da área de alvenaria, utilizando-se o indicador de 0,93 sacos de 40 kg de argamassa grossa por metro quadrado de alvenaria, este índice é baseado no consumo médio de argamassa grossa por metro quadrado de alvenaria das obras já executadas pela construtora.

Mesmo com o levantamento minucioso do quantitativo de materiais do pavimento tipo, após a execução do primeiro e do segundo pavimentos tipo foram feitos ajustes dos quantitativos dos blocos e da argamassa, para suprir algumas pequenas diferenças de medidas em relação ao projeto de modulação e também compensar alguns blocos quebrados em função do transporte do material.

O levantamento do quantitativo de materiais e o planejamento da execução da alvenaria foram feitos pelo Setor de Engenharia da obra três meses antes do início desta etapa. Na época, o Setor de Engenharia residente na obra era formado por um engenheiro e um estagiário de Engenharia.

6.4 EXECUÇÃO

Este item descreve, de forma detalhada, as principais etapas da produção alvenaria não estrutural, com base no acompanhamento da obra. A duração de cada etapa e a quantidade de operários utilizada foram destacadas ao final de cada subitem. Como o foco do trabalho está na execução da alvenaria dos pavimentos tipo, não foram descritas etapas anteriores, como limpeza do pavimento e instalação dos equipamentos de segurança para a execução do

serviço. Segundo o procedimento da empresa o início da produção da alvenaria se daria 45 dias após concretado o pavimento, entretanto, por causa do atraso referente ao acerto financeiro com a mão de obra terceirizada, iniciou 60 dias após a concretagem do segundo pavimento. Durante a obra sempre foi respeitado o espaço de quatro pavimentos entre a execução da estrutura e da alvenaria.

6.4.1 Transporte do material dentro do canteiro

O transporte do material necessário para a execução da alvenaria foi feito através de três etapas: horizontal, vertical e distribuição no pavimento. Na etapa horizontal os materiais foram levados do local de armazenamento até o guincho da obra com a utilização de um transportador hidráulico, popularmente conhecido como **paleteira**, após isto, o guincheiro, responsável pelo transporte vertical de materiais, que possuía o quantitativo de blocos e elementos pré-moldados para cada vista de alvenaria, levou o material até o pavimento e o distribuiu de forma que ficasse próximo do local aonde seria utilizado. Durante o ciclo da alvenaria, para o transporte de materiais foram necessários um guincheiro e três serventes, sendo que destes serventes dois ficavam responsáveis pelo transporte horizontal e um auxiliava o guincheiro.

O abastecimento do pavimento foi feito de forma progressiva, ou seja, de acordo com a produção da alvenaria, sendo que os materiais eram levados até o pavimento na seguinte ordem: elementos pré-moldados (peitoris), blocos cerâmicos e por último a argamassa.

6.4.2 Serviços antecedentes

Antes de dar início à execução das paredes externas do edifício foi feita a preparação da superfície da estrutura para receber a alvenaria. Em seguida, foi verificado o acabamento da estrutura, desta forma, foram retirados alguns respingos e restos de concreto e também foram feitos reparos de pequenas imperfeições no cobrimento das armaduras.

Na sequência, para melhorar a aderência da alvenaria à estrutura, foi executado chapisco rolo em todo teto e regiões de contato entre a alvenaria e o concreto, como em face de pilares e fundo de vigas. Para a execução de alvenaria não é necessário a execução do

chapisco rolado em todo o teto, isto é um procedimento da empresa para a execução do revestimento argamassado interno depois de concluído a alvenaria (figura 10). Para a execução deste serviço foi necessário um dia de trabalho de um pedreiro.



Figura 10: execução de chapisco rolado

O passo seguinte foi a determinação das alturas das fiadas de alvenaria, serviço executado pelo mestre de obra e pelo encarregado de alvenaria. Com auxílio de uma mangueira de nível foi marcada nos pilares a altura de cada fiada, com isso, possibilitou a correta instalação das telas de ancoragem dos blocos cerâmicos, que foram colocadas em quatro horas por um pedreiro que portava uma pistola finca-pinos acionada à pólvora (figura 11). As telas foram fixadas em fiadas alternadas, sendo que nas paredes externas que utilizavam blocos de 19 cm de espessura, foram colocadas duas telas de 6 cm de largura, afastadas 5 cm entre elas, com comprimento de aproximadamente 25 cm (5 cm para fixação junto ao pilar e 20 cm para amarração entre os blocos).



Figura 11: fixação da tela de ancoragem

6.4.3 Marcação e execução da primeira fiada

A marcação e a execução da primeira fiada garantem a qualidade dos serviços subsequentes, pois passa por elas a otimização do consumo de materiais de revestimento e a correção de possíveis defeitos da estrutura de concreto armado. Com o intuito de fazer estas correções, a locação das faces das paredes foi demarcada a partir dos eixos de referência da torre marcados na laje, desta forma foi verificado o correto encaixe das paredes entre os pilares. Em seguida, foi verificado o espaçamento entre os blocos, sendo que os blocos da extremidade são assentados, com isso, foi presa uma linha unindo as faces laterais destes blocos, concluindo o alinhamento da primeira fiada (figura 12). Esta etapa foi executada pelo encarregado de alvenaria acompanhado do mestre de obras e durou cerca de três horas para a demarcação de todas as paredes externas do pavimento que resultam em aproximadamente 118 metros lineares, sendo que após o seu término o esquadro das áreas foi conferido pela equipe de engenharia da obra.



Figura 12: execução da primeira fiada

6.4.4 Instalações embutidas

As instalações elétricas e hidráulicas foram executadas por empresas terceirizadas. A presença de um instalador hidráulico e um eletricitista foi fundamental desde o momento da marcação

das paredes, pois estes profissionais verificaram se as tubulações vindas da laje não seriam obstruídas pelos blocos. As tubulações hidráulicas foram executadas simultaneamente à primeira fiada de blocos. Por essa tubulação ser rígida, nas demais fiadas da parede o pedreiro apenas encaixava o bloco no cano sem prejudicar o levantamento da parede. Já na instalação elétrica foi necessário durante todo período de produção da alvenaria a presença de dois eletricitistas por pavimento, pois foram usados tubos flexíveis corrugados 3/2” e a cada fiada o eletricitista auxiliava o pedreiro com a passagem da tubulação e a colocação dos caixilhos (figura 13). Para a locação dos pontos de interruptores e tomadas, e locação dos pontos de água e esgoto, foram utilizados, respectivamente, os projetos elétricos e os estereogramas hidráulicos do pavimento tipo.



Figura 13: passagem das tubulações elétricas

6.4.5 Assentamento dos blocos

O assentamento dos blocos seguiu o nível e alinhamento demarcado nos pilares descrito nos serviços antecedentes à alvenaria, essas medidas foram transferidas para escantilhões que foram fixados nas extremidades da parede, nestes foram colocadas linhas de náilon, garantindo, desta maneira, o correto nivelamento na execução das próximas fiadas (figura 14). Porém, mesmo com o auxílio do escantilhão, ao término de cada fiada, era conferido o

nivelamento da mesma e o alinhamento e prumo da parede. Quando o pedreiro atingiu uma altura que dificultou a colocação dos blocos cerâmicos, este posicionou cavaletes metálicos com suporte de madeira, possibilitando a continuação do trabalho. A alvenaria das paredes externas do pavimento tipo foram executadas em três dias por quatro pedreiros auxiliados por dois serventes que eram responsáveis pela produção e distribuição da argamassa.



Figura 14: assentamento de blocos com o auxílio do escantilhão e da linha de náilon

A espessura das juntas horizontais e verticais adotada na elevação da alvenaria foi aproximadamente 1 cm. Nas juntas que unem os pilares à alvenaria foi preenchida a face do bloco em seu todo, a fim de evitar futuros problemas de fissuras.

Para a conclusão da parede, na última fiada foi utilizado o bloco cunha, por ter sua face superior fechada, o que possibilita que a massa de encunhamento preencha todo o vão entre o bloco e a estrutura (figura 15). Nas tubulações elétricas e hidráulicas vindas da laje superior, foram usados blocos vazados, sendo que o vão do bloco que não foi utilizado para as passagens foi fechado. O vão entre o bloco cunha e a estrutura variou entre 2 e 3 cm, neste vão foi necessário a utilização de uma argamassa especial que possuía elevada capacidade de absorção de deformações, característica necessária devido à deformação lenta da estrutura. O encunhamento do pavimento durou um dia, e o serviço foi executado por dois pedreiros. Seguindo o procedimento da empresa, o encunhamento de um determinado pavimento só iniciava quando quatro pavimentos acima já estavam com a alvenaria concluída. Segundo o

engenheiro da obra, esta etapa era retardada o máximo possível, para que grande parte das deformações e acomodação da estrutura já tivessem ocorrido, evitando fissuras posteriores. Em função do procedimento da empresa, o encunhamento externo foi executado antes do chapisco externo, nesta etapa foi necessário o uso de balancins.



Figura 15: execução da última fiada com bloco cunha

6.4.6 Esquadrias

A compatibilização dos projetos estruturais e de modulação da obra permitiu que a altura das aberturas da fachada atingisse sua parte superior nas vigas, sendo desnecessário o uso da verga. Já na parte inferior das janelas foi colocado peitoril de concreto pré-moldado, sendo que os blocos, todos preenchidos com cimento e areia, serviram de apoio para a peça. O assentamento do peitoril foi feito com a mesma argamassa das juntas da alvenaria, após a peça ser devidamente umedecida. Para manter o padrão das esquadrias, foram utilizados gabaritos para que não houvesse variação das medidas das aberturas.

Após a conclusão da alvenaria e antes do início do revestimento argamassado interno do pavimento foi feita a chumbeação dos contramarcos. O contramarco foi posto na prumada da

parede e fixado com cunhas de madeira, depois foi chumbado firmemente com argamassa, no traço de um saco de cimento para cada três caixas padrão da obra de areia úmida, de forma bem apertada para garantir a estanqueidade (figura 16). Após a cura da massa de chumbeamento foram retiradas as cunhas e preenchidos os vãos deixados pelas mesmas. A colocação dos contramarcos foi executada por dois instaladores de esquadrias terceirizados durante dois dias, já a chumbeação dos mesmos durou três dias e foi executada por dois pedreiros.

Por questão de prazo, não foi possível acompanhar a instalação das esquadrias nesta obra, porém, de acordo com informações obtidas na empresa, esta etapa seria realizada após a conclusão do revestimento argamassado externo.



Figura 16: chumbeação dos contramarcos

6.4.7 Acabamento superficial

O acabamento da superfície de alvenaria foi executado com revestimento argamassado e foi dividido em duas etapas: interno e externo.

O revestimento interno tinha uma defasagem de quatro pavimentos em relação à alvenaria e foi executado por duas equipes, uma responsável pelo chapisco, formada por dois pedreiros e um masseiro, e outra pela camada de reboco, constituídos por quatro pedreiros, um masseiro e um servente. As equipes trabalhavam simultaneamente em pavimentos distintos, sempre respeitando um pavimento de diferença, ou seja, enquanto uma equipe estava no 11º

pavimento a outra estava no 10°. Após a execução do serviço o esquadro e a prumada do revestimento argamassado das paredes eram conferidos pelo Setor de Engenharia da obra.

Já revestimento externo do edifício, começou a ser executado apenas depois do fechamento do último pavimento tipo. Foram locados balancins de forma que estes ocupavam todo perímetro da torre. Em função do revestimento externo da torre ser um serviço perigoso, por causa da altura em que os trabalhadores estavam suspensos, houve uma grande preocupação com a segurança dos mesmos, em função disso os trabalhadores eram treinados e seus equipamentos vistoriados diariamente pelo técnico de segurança da obra.

A execução do revestimento externo da torre seguiu o seguinte procedimento:

- a) primeiramente os pedreiros partiram do térreo e foram até o o último pavimento tipo limpando e retirando os excessos de argamassa presentes nas paredes. Simultaneamente a isso, faziam o encunhamento externo das paredes;
- b) após isto, iniciaram a execução do chapisco externo, em um fluxo descendente, ou seja, do topo da torre até o térreo;
- c) com o chapisco concluído, os balancins eram transportados até o topo da torre novamente, e em fluxo descendente era executada a camada de reboco.

A execução do revestimento externo foi planejada dois meses antes do início do serviço, pois nesta etapa da obra a correta logística dos materiais e pontos de produção de argamassa comanda a produtividade do revestimento externo. Em função disso, no pavimento em que os pedreiros se localizavam eram locadas três masseiras, e havia uma masseira itinerante para eventuais pontos onde a produtividade era menor.

7 ACOMPANHAMENTO DA OBRA COM *LIGHT STEEL FRAME*

7.1 APRESENTAÇÃO DA OBRA

A obra estudada (2) é um empreendimento localizado na cidade de Cachoeirinha. A edificação possui 3 pavimentos, todos iguais. Há quatro apartamentos por andar, com dois dormitórios e 48 m² de área privativa cada. A área de paredes externas de vedação do pavimento é de 205 m².

Nesta obra foi acompanhada a execução das paredes externas utilizando o sistema *Light Steel Frame*, tendo como material de vedação placas cimentícias. O método de execução do plaqueamento da fachada foi o contínuo. O acompanhamento da obra compreendeu a produção de todos os pavimentos, do térreo ao 3º pavimento, porém neste item é feita a descrição da produção de apenas uma, embora deva ser entendida como um resumo de todas as observações, não sendo tratada pontualmente.

7.2 DOCUMENTOS

Os documentos utilizados para a execução das paredes externas foram os projetos de instalação das estruturas metálicas contendo o detalhamento de todas paredes, projeto hidrossanitário e projeto elétrico. A empresa que executou o serviço possui caderno de procedimento, porém, não possui planilhas de controle relacionadas à execução das paredes externas.

7.3 PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO

A empresa responsável pela execução das paredes de *Light Steel Frame* era terceirizada e também foi responsável pelo fornecimento dos materiais. O quantitativo de guias, montantes e contraventamentos metálicos foi levantado a partir do detalhamento das paredes externas, já as placas cimentícias foram quantificadas através da área bruta de fachada do edifício, sendo que esta área foi duplicada afim de atender as duas faces das paredes externas.

7.4 EXECUÇÃO

Este item descreve detalhadamente o processo executivo observado durante o trabalho, destacando também as durações das tarefas e quantidade de mão de obra demandada. Para isso, é importante ressaltar que um dia trabalhado corresponde a 8 horas. Segundo o procedimento da empresa, a execução das paredes externas com *Light Steel Frame* seguiu o método embutido, ou seja, os painéis metálicos foram instalados entre lajes, e a produção das paredes externas de vedação iniciou após a conclusão da estrutura de concreto armado.

7.4.1 Transporte do material dentro do canteiro

O transporte dos materiais dentro do canteiro passou por duas etapas: vertical e distribuição no pavimento. Pela obra apresentar um porte pequeno e não necessitar de um espaço muito grande para o armazenamento de materiais, estes já foram armazenados próximos a uma roldana mecânica que executava o transporte vertical na obra, facilitando desta forma o abastecimento dos pavimentos. As guias, os montantes e os contraventamentos de aço foram todos transportados pela roldana mecânica, já o transporte das placas cimentícias por este meio enfrentou dificuldades e teve que ser feito pela escadaria.

O 3º pavimento foi abastecido antes do início da execução das paredes, já o 2º pavimento e o térreo foram abastecidos de forma progressiva, simultaneamente com a execução do serviço. O transporte dos materiais respeitou a seguinte ordem: primeiro os elementos metálicos e depois as placas cimentícias. Para o transporte dos materiais foram necessários três serventes durante todo período de produção das paredes externas.

7.4.2 Serviços antecedentes

No caso desta obra, a qualidade do acabamento da estrutura de concreto armado foi minuciosamente verificada. As faces dos pilares e das vigas tinham que estar no prumo e sem imperfeições para o correto encaixe das guias metálicas na estrutura. Este serviço foi realizado por dois instaladores de *steel frame* um dia antes do início da execução da estrutura metálica, e a verificação deste durou cerca de cinco horas. O problema com maior frequência

foi a presença de resquícios de concreto presos às faces dos pilares, estes foram retirados com espátulas e depois as faces dos pilares foram lixadas com uma lixa fina.

7.4.3 Marcação

Neste sistema construtivo a marcação compreende em demarcar a localização das guias metálicas na face superior da laje, na face inferior da viga do pavimento acima e nas faces dos pilares. Nesta obra, as medidas de referência para a marcação não foram baseadas no eixo do pavimento, mas na face externa dos pilares, segundo o encarregado da equipe de *steel frame* este procedimento é fundamental para o correto fechamento da fachada com as placas cimentícias, pois se a laje possuir alguns milímetros a mais que o recomendado em projeto afetaria o prumo da fachada do edifício.

O procedimento utilizado para a marcação foi o seguinte: foi esticada uma linha de náilon entre pilares adjacentes sendo que esta estava em contato com a face externa de ambos, com a linha devidamente presa foram demarcados pontos na laje com 13 cm de distância da linha e depois com o auxílio de uma régua foi traçada uma reta por estes pontos, com o auxílio de um prumo e um esquadro, essa reta também foi demarcada nas faces dos pilares e na viga superior. As guias metálicas utilizadas na obra tinham 14 cm de largura, desta forma 13 cm ficavam presos a laje e 1 cm restante era a medida de segurança para eventuais falhas na laje.

A marcação foi feita no mesmo dia da verificação da estrutura, um dia antes do início da execução dos painéis metálicos, pelos 2 instaladores de *steel frame*. A marcação para todo pavimento durou cerca de 3 horas.

7.4.4 Montagem dos painéis metálicos

Os painéis são compostos por determinada quantidade de elementos horizontais que são denominadas guias e elementos verticais denominados montantes. Nesta obra, tanto as guias quanto os montantes vinham de fábrica com três metros de comprimento e 0,95 mm de espessura (figura 17).

O procedimento de montagem dos painéis metálicos seguiu as seguintes etapas:

- a) fixação das guias: o primeiro passo para a execução dos painéis metálicos foi a fixação das guias no piso com parafuso *parabolt* e no teto do pavimento foram fixadas a cada 40 cm com pregos de aço de 1” de comprimento presos com o auxílio de uma pistola de impacto. Os pequenos vãos entre a guia e a estrutura de concreto gerados pelos desníveis das lajes foram preenchidos com espuma de poliuretano. No caso de tubulações vindas da laje foram feitas aberturas nas guias utilizando uma serra policorte;
- b) locação dos montantes: com as guias instaladas foi feita a marcação da posição dos montantes, isto foi feito com o auxílio do projeto de detalhamento das paredes. Conforme o projeto o espaçamento entre montantes era de 40 cm, com o auxílio de uma régua e um lápis foi marcado na guia inferior e na guia superior a posição dos montantes, e depois utilizando um prumo foi verificado o alinhamento entre os pontos;
- c) colocação dos montantes: em cada parede foi colocado o número exato de montantes conforme a marcação, somente depois estes foram arrastados para a sua posição e fixados em seus extremos inferiores e superiores por parafusos autoperfurantes. Nas extremidades de cada painel, ou seja, na interface com os pilares e nos pontos de partida das paredes internas foram utilizados montantes duplos e sua fixação seguiu o mesmo procedimento das guias com pregos de aço de 1” de comprimento a cada 40 cm;
- d) colocação dos contraventamentos: conforme previsto no projeto, em alguns painéis, os de maior comprimento, foi necessária a instalação de contraventamento. Para isto, foram fixadas na face do painel fitas em aço galvanizado de maneira cruzada formando um X.

Na etapa de montagem dos painéis trabalharam 3 instaladores de *steel frame*, sendo que foram necessários dois dias de trabalho para a execução do pavimento.



Figura 17: guia e montantes

7.4.5 Instalações embutidas

Na fase da obra em que este trabalho se refere trabalhavam apenas um instalador hidráulico e um eletricitista. Estes profissionais estiveram presentes durante todo o processo de execução dos painéis metálicos, de maneira que auxiliavam na colocação das guias cuidando para que estas não obstruíssem as tubulações vindas da laje.

A passagem das instalações elétricas era iniciada logo após a conclusão de um painel metálico e era feita através das aberturas de 1" de diâmetro presentes nos montantes, para isto foram utilizados tubos flexíveis corrugados 3/2" que eram presos aos caixilhos das tomadas e interruptores que estavam aparafusados ao montante.

Em relação às instalações hidráulicas presentes nas paredes externas todas eram verticais, isto se deve ao pequeno diâmetro das aberturas nos montantes, impossibilitando a passagem horizontal entre os mesmos. Após a colocação da tubulação dos pontos de água e de esgoto era colocado um reforço metálico entre os montantes, com uma braçadeira a tubulação era presa a esse reforço a fim de eliminar as vibrações gerada pela passagem de água nos canos (figura 18).

Esta etapa foi executada em dois dias, simultaneamente à montagem dos painéis metálicos do pavimento tipo. Para a locação dos pontos de interruptores e tomadas, e locação dos pontos de saída de água e esgoto, foram utilizados, respectivamente, os projetos elétricos e os estereogramas hidráulicos do pavimento tipo.



Figura 18: passagens das tubulações elétricas e hidráulicas no LSF

7.4.6 Esquadrias

Durante a execução dos painéis metálicos, foram previstas as aberturas nas paredes para a colocação de esquadrias. Estas aberturas não permitem a continuidade dos montantes, que são interrompidos pelas vergas e contravergas das aberturas, desta maneira, para evitar pontos frágeis, os montantes das extremidades da abertura são reforçados. Na obra, a solução foi a utilização de um montante duplo, que consiste na união de um montante e uma guia, formando desta maneira uma estrutura mais resistente, este reforço também foi executado nas vergas e contravergas (figura 19).



Figura 19: contraverga reforçada (laboratório da Brasilit)

As dimensões das aberturas foram rigidamente conferidas pelo encarregado da equipe de *steel frame*, este procedimento foi de grande importância, pois a fixação do contramarco no painel metálico não tem margem para erros. Mesmo assim, foi verificado um problema em uma abertura de janela da obra, o que acarretou na remontagem de parte do painel. A colocação dos contramarcos foi executada após o plaqueamento da parede, de maneira que estes eram aparafusados junto as extremidades reforçadas da abertura. Esta etapa teve a duração de um dia e foi executada por um instalador de *steel frame* auxiliado por um servente.

7.4.7 Fechamento com placas cimentícias

Um dia após a conclusão da montagem dos painéis metálicos e das instalações embutidas do pavimento tipo, iniciou-se o processo de fechamento das paredes externas. Nesta etapa trabalhavam no pavimento seis pessoas, sendo quatro responsáveis pela execução do fechamento das paredes e dois auxiliares.

Primeiramente, foi fechado o lado externo das paredes, mas antes da fixação das placas, cada painel metálico era envolto por uma manta chamada membrana Tyvek. Esta membrana que aparenta ser um papel, mas possui alta resistência a perfurações, é permeável ao vapor, pois seus poros são extremamente pequenos para permitir a passagem da água, possibilitando somente a passagem do vapor. Com essas propriedades, esta membrana forma uma camada de proteção, com a função de auxiliar na redução da entrada do fluxo de ar através das cavidades da vedação vertical, bem como deter a entrada de água e permitir o escape de vapor e umidade de dentro das vedações verticais.



Figura 20: membrana Tyvek

Foram utilizadas placas de 3 m x 1,20 m com rebaixo nas bordas que auxiliam no tratamento das juntas, para a fixação destas nos 2º e 3º pavimentos, como a obra possuía apenas três pavimentos, foi possível a utilização de andaimes móveis, porém, segundo informações da construtora, em edificações mais altas é necessário a utilização de balancins para o plaqueamento externo. As placas foram fixadas na vertical, de maneira que as juntas verticais

entre dois pavimentos não eram coincidentes, porém, as extremidades de todas as placas foram aparafusadas aos painéis metálicos respeitando um espaçamento de 30 cm no sentido vertical e 40 cm no sentido horizontal. Na fixação das placas, foi utilizado parafuso autoescariante, este parafuso não fica saliente, facilitando desta forma o acabamento superficial da parede.



Figura 21: execução de fechamento externo com placa cimentícia

No fechamento interno foram utilizadas placas de 2,40 m x 1,20 m também com rebaixo nas bordas. Conforme o fechamento externo as placas foram fixadas na vertical com espaçamento de 30 cm no sentido vertical e 40 cm no sentido horizontal. Houve um cuidado redobrado da equipe de montagem para que as juntas das placas não coincidisse com o alinhamento das extremidades das aberturas, com o intuito de impedir pontos frágeis evitando futuras patologias. Para o corte das placas cimentícias foi utilizado serra mármore com disco diamantado e serra copo para abertura dos pontos de energia e água.



Figura 22: parafusos fixos ao montante após plaqueamento externo e interno

Para a execução da face externa foram necessários dois dias, já o plaqueamento interno foi concluído em um dia e meio.

7.4.8 Acabamento superficial

Como a superfície da placa é lisa e plana não é necessário revestimento adicional antes do acabamento final, porém, para que as extremidades das placas não fiquem aparentes é inevitável executar o tratamento das juntas. Na obra estudada o tratamento foi facilitado, pois as placas cimentícias utilizadas foram encomendadas com rebaixo nas bordas, conforme relatado anteriormente.

O tratamento das juntas seguiu o procedimento a seguir:

- a) a superfície do rebaixo foi limpa, assim como os vãos entre as placas;
- b) foi aplicado uma demão de massa cimentícia de aproximadamente 6 cm de largura, sem preencher o vão, retirando a massa do interior da junta com auxílio de espátula;
- c) depois foi aplicada uma tela alcali-resistente de fibra de vidro de 5 cm sobre a massa e com a desempenadeira, foi alisada até que a tela penetrasse totalmente na massa. Nesta etapa houve necessidade de certificar se a fita estava perfeitamente esticada e centralizada em relação ao eixo da junta;

- d) após a massa com a fita secar, foi aplicada uma nova camada de massa cimentícia em toda a largura do rebaixo da placa;
- e) foi repetido o procedimento **c**, porém desta vez foi utilizada uma tela de 10 cm (figura 23);
- f) finalmente, foi aplicada mais uma camada de massa cimentícia. Esta camada recobriu a tela de 10 cm e foi nivelada com a superfície da placa, concluindo o processo de tratamento de juntas;



Figura 23: tratamento de junta com tela de fibra de vidro e massa cimentícia

Esta etapa foi executada interna e externamente de maneira simultânea por duas equipes, cada equipe era formada por dois operários, sendo que uma estava dentro e outra fora da torre. Este serviço foi o de maior período referente as paredes em LSF, durou cinco dias de trabalho e muita cautela, pois as juntas entre as placas são pontos sujeitos a patologias futuras caso seu tratamento não for bem executado.



Figura 24: face interna da parede externa com acabamento final

8 COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Este capítulo apresenta uma análise comparativa entre os dois sistemas construtivos, destacando as principais diferenças que a utilização do sistema *Light Steel Frame* causa em relação à alvenaria. Esta análise foi baseada não só nas descrições dos capítulos anteriores, como também em observações feitas em obra, dados coletados junto às empresas e auxílio de embasamento teórico.

8.1 ALTERAÇÕES NA EXECUÇÃO

A execução do sistema *Light Steel Frame*, como observado, exigiu atenção e cuidados diferentes dos levados em consideração em um sistema tradicional, que obrigaram o processo a sofrer algumas modificações. Este item apresenta as mudanças exigidas no processo construtivo entre os dois sistemas em questão. O item analisa também os resultados das ações tomadas.

8.1.1 Transporte do material dentro do canteiro

Devido ao fato da obra 2 não apresentar um grande porte, a instalação de um guincho tornou-se inviável, este fato diminuiu o rendimento do transporte vertical em relação a obra 1. Entretanto, o baixo peso específico dos materiais do *Light Steel Frame* em relação blocos cerâmicos e sacos de argamassa facilitou o transporte dos mesmos, sendo necessário a utilização de apenas uma roldana mecânica para o abastecimento dos pavimentos.

Foi notado também uma grande diferença na dimensão do local de armazenamento dos materiais, os perfis de aço e placas cimentícias possuem um volume menor que os materiais de alvenaria, isto influenciou no layout do canteiro de obra, enquanto a obra 2 aproveitou o pavimento térreo para o armazenamento de materiais, a obra 1 optou por construir um galpão ao lado da torre para o armazenamento dos mesmos, com isso a distância até o guincho aumentou sendo necessário um maior período de tempo para o transporte horizontal.

8.1.2 Serviços antecedentes

Devido a necessidade do correto encaixe das guias metálicas na estrutura de concreto armado, foi observada na obra 2 uma enorme preocupação com o nivelamento de lajes e prumo de pilares para evitar o surgimento de vãos na interface entre perfil metálico e concreto. Na obra 1 também foi notada esta preocupação, porém de maneira moderada, pois pequenos vãos entre a alvenaria e pilares ou lajes eram corrigidos com argamassa no momento em que os blocos eram assentados.

Enquanto que por um lado o sistema *Light Steel Frame* requer um melhor acabamento superficial da estrutura do edifício, por outro elimina algumas atividades anteriores a execução das paredes que foram necessárias na obra 1, como é o caso do chapisco rolado e da fixação das telas de ancoragem, responsáveis por engastar a alvenaria à estrutura portante do edifício. Na obra 2 a estrutura metálica das paredes foi fixada com parafusos parabolt.

8.1.3 Marcação

Quanto a marcação das paredes externas, os equipamentos utilizados em ambas as obras foram os mesmos: régua com nível, prumo, esquadro e linha de náilon. Entretanto, no que diz respeito às referências utilizadas para a locação das paredes as duas obras diferem. Na obra 1 foram utilizados os eixos de referência da torre para a locação das paredes, estes eixos são pontos marcados no primeiro pavimento da torre pela equipe de topografia contratada pela obra e que depois foram levados aos demais pavimentos. Já a obra 2 utilizou os pilares das extremidades como referência, marcando cada parede de forma independente ao eixo da torre. Esta diferença de métodos de locação de paredes externas é justificada pela necessidade de uma prumada perfeita entre o primeiro e último pavimento no sistema *Light Steel Frame*, as placas cimentícias são rígidas e incapazes de corrigir falhas de alinhamento entre as lajes da estrutura, em função disso se deve o rígido controle na execução da estrutura de concreto armado verificado na obra 2. Já na obra 1, em pontos em que a parede de alvenaria não estava perfeitamente alinhada com a estrutura foi aumentada a espessura do revestimento argamassado a fim de manter a prumada correta da torre, conseqüentemente esta variabilidade na espessura do revestimento gera desperdício de material.

8.1.4 Instalações embutidas

Foi observado em ambas as obras a necessidade da presença de um eletricitista e um instalador hidráulico no momento da marcação das paredes, a fim de evitar que as tubulações vindas da laje fossem obstruídas. Quanto à passagem das tubulações elétricas, na obra 1 devido à necessidade de passar as tubulações através dos blocos e locar corretamente os blocos com abertura para caixilho, as instalações embutidas eram executadas simultaneamente ao levantamento das paredes. Já na obra 2, as instalações embutidas eram executadas após a montagem dos painéis metálicos, de maneira que as duas equipes trabalhavam simultaneamente no pavimento, porém, em frentes de trabalho distintas, enquanto uma equipe montava o painel a outra executava as instalações em um painel já concluído.

8.1.5 Esquadrias

Foram utilizados nas duas obras gabaritos para a correta execução das aberturas, entretanto, foi verificado na obra 2 um maior controle na produção, em função do grande trabalho de resjuste para a correção de vãos errados e também por esta etapa ser executada pela equipe responsável pela execução das paredes.

O procedimento de chumbação dos contramarcos, que foi executado com argamassa na obra 1, foi feito com parafusos na outra obra. O contramarco é aparafusado ao painel metálico, podendo receber esquadrias imediatamente, ao contrário da parede de alvenaria que é necessário esperar a cura da argamassa. Por causa disso, foi verificado uma maior produtividade na obra 2.

8.2 ALTERAÇÕES NO PLANEJAMENTO E PRAZO

A opção pelo sistema *Light Steel Frame* acarreta em diversas mudanças nos prazos e planejamentos de execução das paredes de vedação externas do edifício. Estas alterações podem ser consequência da concepção de racionalização que acompanha o sistema, com utilização de tecnologias mais avançadas durante as etapas, ou simplesmente pelo fato de eliminar algumas etapas da construção, como a execução de chapisco rolado e de revestimento argamassado interno e externo. Este item analisa as alterações observadas na

obra 2, devido à implantação do sistema *Light Steel Frame* quanto ao planejamento de execução, seja no curto ou longo prazo.

8.2.1 Serviços antecedentes

Com relação ao preparo da estrutura para a execução das paredes externas, foi observada uma redução no tempo de trabalho, justificada pela dispensa da execução de recursos de fixação como o chapisco rolado e locação das telas de ancoragem que são indispensáveis para as paredes de alvenaria. Além disso, se a retirada das formas da estrutura for executada corretamente e o pavimento for limpo periodicamente os serviços antecedentes no LSF podem se reduzir a apenas uma rápida inspeção antes do início da montagem dos painéis, neste caso, a fixação das guias é feita simultaneamente a lixação das interfaces da estrutura.

8.2.2 Marcação

A locação das paredes apresentou-se mais rápida com a utilização de pilares adjacentes como referência, sendo excluído desta forma o trabalho de conferir as medidas para cada parede em relação aos eixos da laje. Outro fator que acelerou a marcação das paredes é a dimensão dos perfis metálicos, enquanto cada guia metálica possuía 3 m de comprimento, os blocos cerâmicos possuíam 29 cm. Entretanto, em algumas paredes a dificuldade de colocação do parafuso parabolt no concreto da laje gerou um atraso na fixação das guias, embora não muito significativo.

8.2.3 Esquadrias

A utilização de parafusos para a fixação de contramarcos realizada na obra 1 fez com que a duração desta etapa diminuísse consideravelmente. Enquanto na obra 1 foram necessários cinco dias para a colocação dos contramarcos, dois dias para a locação dos mesmos e mais três dias para a chumbeação com argamassa, na 2 obra foi necessário apenas dois dias para a conclusão do serviço, iniciando antecipadamente a colocação das janelas da fachada.

8.2.4 Acabamento superficial

A eliminação da etapa de execução de revestimento argamassado interno e externo é, sem dúvida, o maior ganho do sistema *Light Steel Frame* em relação ao prazo e planejamento da obra. Por dispensar os serviços de preparação de argamassa para chapisco e para reboco, a mão de obra que seria utilizada para executar a tarefa pode ser utilizada em alguma outra atividade. Além disso, não é necessário o recebimento de cargas para esta atividade, como sacos de cimento e masseiras para a produção da argamassa, aliviando a obra em termos de logística. Outra vantagem é com relação ao abastecimento, pois esta tarefa demanda muito consumo de material e, por se tratar de uma obra de pavimentos múltiplos, exige muito tempo para transporte horizontal e vertical, principalmente sobrecarregando o elevador da obra. Outra dificuldade da utilização da alvenaria é a necessidade de cura da argamassa, impedindo que outros acabamentos superficiais, como aplicação de massa corrida ou colocação de revestimento cerâmico sejam executados imediatamente ao final da execução do revestimento argamassado. Em obras de *Light Steel Frame* que utilizam placas cimentícias para o fechamento, onde não se executa revestimento argamassado, é necessário apenas o tratamento das juntas para a execução dos acabamentos superficiais.

A eliminação desta etapa da obra pode apresentar também uma vantagem financeira, uma vez que terminando o empreendimento antes, pode-se obter um retorno antecipado de capital, através da comercialização das unidades. Isto não é regra, pois depende do tipo de contrato entre as construtoras e clientes.

8.3 ALTERAÇÕES NO CUSTO

Para comparar quantitativamente os dois métodos construtivos em relação ao custo, foram levados em consideração apenas fatores que se diferenciaram de um sistema para o outro, desprezando algumas etapas ou procedimentos que, embora não tenham sido idênticos nos dois métodos, não têm grande relevância na comparação. Através das observações em obra destas atividades, foi possível compor um índice de custo que serviu de base para a comparação, sendo este definido como índice de custo (R\$/m²). Este índice foi formado por dados obtidos nas obras, como duração das atividades, produtividades, consumo de materiais e tabela de preços praticados pelas empresas. Todas as atividades tiveram uma composição de

valores, gerando um total gasto na atividade por pavimento. Após, houve a divisão pela metragem de parede externa da edificação, sendo esta a ferramenta para chegar ao índice adotado.

Após as observações, foram escolhidas as etapas consideradas mais importantes na obtenção de paredes externas de vedação tanto para o sistema *Light Steel Frame* como para alvenaria, os quais estão listados a seguir, segundo os critérios avaliados:

- a) serviços antecedentes: materiais e mão de obra;
- b) execução de parede: materiais e mão de obra;
- c) esquadrias: mão de obra;
- d) acabamento interno: material e mão de obra;
- e) acabamento externo: materiais e mão de obra.

Cada item foi dividido em subitens para facilitar e detalhar a composição dos índices de custo (R\$/m²). Como exemplo, pode-se verificar a composição para formação do índice referente aos serviços antecedentes da obra 1, onde foram utilizadas telas de ancoragem, levando em conta os custos da utilização deste material. Através de levantamentos e observações, foram definidos:

- a) R\$ 0,79 / tela de ancoragem;
- b) 512 telas de ancoragem / pavimento tipo.

Convertendo para o índice de comparação do trabalho, tem-se:

$$(R\$ 0,79 / \text{tela de ancoragem}) \times (512 \text{ telas de ancoragem} / \text{pavimento tipo}) = \\ R\$ 404,48 / \text{pavimento tipo}$$

$$(R\$ 404,48 / \text{pavimento tipo}) / (262,0 \text{ m}^2 / \text{pavimento tipo}) = R\$ 1,54 / \text{m}^2$$

Outro exemplo é apresentado a seguir, neste caso encontrou-se o índice correspondente à utilização de mão de obra para execução de chapisco rolado, obtido através de valores tabelados informados pela construtora, aplicados para a obra 1. Foram definidos:

- a) R\$ 1,17 / metro linear de chapisco rolado;
 b) 418 metros lineares de chapisco rolado / pavimento tipo;

Convertendo para o índice de custo, tem-se:

$$(\text{R\$ } 1,17 / \text{m linear de chapisco rolado}) \times (418 \text{ m linear de chapisco rolado/pavimento tipo}) = \\ \text{R\$ } 489,06 / \text{pavimento tipo}$$

$$(\text{R\$ } 489,06 / \text{pavimento tipo}) / (262,0 \text{ m}^2 / \text{pavimento tipo}) = \text{R\$ } 1,87 / \text{m}^2$$

Como o sistema *Light Steel Frame* utilizando placas cimentícias produz uma parede que dispensa acabamento superficial, exceto o tratamento de juntas, e seus serviços antecedentes possuem um custo mínimo, primeiramente foi comparado apenas o valor necessário para levantamento das paredes externas de execução, conforme apresentado no quadro 3. Nos dados referentes a comparação de custos, os valores em azul representam economia do sistema *Light Steel Frame* em relação ao sistema tradicional, enquanto os valores em laranja significam prejuízo. Os subitens destacados em cinza são referentes ao sistema LSF.

QUADRO DE COMPARAÇÃO DE CUSTOS						
ITEM	ALVENARIA	LIGHT STEEL FRAME	DIFERENÇA		COMPOSIÇÕES DE CUSTO	
	IC (R\$/m²)	IC (R\$/m²)	IC (R\$/m²)	%	SUBITEM	IC (R\$/m²)
Execução de parede	R\$ 33,54	R\$ 74,66	-R\$ 41,12		Bloco cerâmico	17,04
					Argamassa	3,15
					Alvenaria MAO	11,20
					Encunhamento MAO	1,32
					Encunhamento MAT	0,83
					Perfis metálicos	17,32
					Manta Tyvek	3,02
					Placas cimentícias	15,57
					LSF MAO	38,75
TOTAL	R\$ 33,54	R\$ 74,66	-R\$ 41,12	122,60%		

Quadro 3: simulação 1 de comparação de custos

Observando o quadro podemos verificar que o somatório dos índices correspondentes aos itens analisados da obra 1 totalizou R\$ 33,54, enquanto que a soma dos itens da obra 2

resultou em R\$ 74,66. Isto nos leva a conclusão de que o sistema *Light Steel Frame*, considerando todos os fatores considerados na comparação, apresenta uma perda de R\$ 41,12/m², representando 122,60%. Essa diferença de custo pode ser justificada através de uma análise dos resultados.

Partindo do princípio que as duas obras já executaram suas paredes externas de vedação, a obra 1 necessita de um maior prazo e locação de mão de obra para executar o acabamento superficial destas. Enquanto as placas cimentícias possuem superfície lisa e plana, sendo necessário apenas o tratamento de juntas para a aplicação do acabamento final (massa corrida PVA na parte interna e textura cimentícia projetada na parte externa), a superfície da alvenaria é irregular e necessita de revestimento para o seu nivelamento. Foram levados em conta para a comparação de custos, as seguintes etapas de execução do revestimento argamassado: limpeza de fachada, encunhamento externo, chapisco interno e externo e reboco interno e externo. O valor de mão de obra necessária para a chumbeação de esquadrias, serviço inexistente no sistema LSF, apesar de ser pouco expressivo também foi acrescentado nesta comparação. O confronto desses itens apontou uma economia de R\$ 31,69/m² (65,71%) para a obra 2, quando considerados apenas estes fatores. O quadro 4 apresenta os custos desta simulação.

QUADRO DE COMPARAÇÃO DE CUSTOS						
ITEM	ALVENARIA	LIGHT STEEL FRAME	DIFERENÇA		COMPOSIÇÕES DE CUSTO	
	IC (R\$/m ²)	IC (R\$/m ²)	IC (R\$/m ²)	%	SUBITEM	IC (R\$/m ²)
Serviços antecedentes	R\$ 3,95	R\$ 0,00	R\$ 3,95		Chapisco rolado MAT	0,54
					Chapisco rolado MAO	1,87
					Tela de ancoragem MAT	1,54
Esquadrias	R\$ 0,58	R\$ 0,00	R\$ 0,58		Chumbeação MAO	0,58
Acabamento interno	R\$ 18,24	R\$ 8,27	R\$ 9,97		Chapisco MAT	1,12
					Chapisco MAO	1,97
					Reboco MAT	4,71
					Reboco MAO	10,44
					Tratamento de juntas MAT	5,30
					Tratamento de juntas MAO	2,97
Acabamento externo	R\$ 25,46	R\$ 8,27	R\$ 17,19		Limpeza de fachada	2,47
					Chapisco MAT	1,12
					Chapisco MAO	2,47
					Reboco MAT	6,90
					Reboco MAO	12,50
					Tratamento de juntas MAT	5,30
					Tratamento de juntas MAO	2,97
TOTAL	R\$ 48,23	R\$ 16,54	R\$ 31,69	65,71%		

Quadro 4: simulação 2 de comparação de custos

O quadro 4 demonstra que apesar do gasto de R\$ 8,27 em tratamento de juntas, os acabamentos superficiais internos e externos tiveram uma economia de R\$ 9,97 e R\$ 17,19, respectivamente, na obra 2. Vale ressaltar que nesta comparação não foi levado em conta o acabamento final das paredes, mas foi observado nas obras um maior consumo de massa corrida na superfície de revestimento argamassado do que na superfície lisa da placa cimentícia, este fator aumentaria a economia do sistema LSF em relação a alvenaria na simulação de custos representada no quadro 4.

Para a comparação geral dos custos entre os dois sistemas construtivos em questão, foram utilizados os dados presentes nos quadros 3 e 4, comparando desta forma todas as etapas de execução, desde os serviços antecedentes até o acabamento superficial. O quadro 5 apresenta os índices de custo de todas as etapas consideradas.

QUADRO DE COMPARAÇÃO DE CUSTOS						
ITEM	ALVENARIA	LIGHT STEEL FRAME	DIFERENÇA		COMPOSIÇÕES DE CUSTO	
	IC (R\$/m ²)	IC (R\$/m ²)	IC (R\$/m ²)	%	SUBITEM	IC (R\$/m ²)
Serviços antecedentes	R\$ 3,95	R\$ 0,00	R\$ 3,95		Chapisco rolado MAT	0,54
					Chapisco rolado MAO	1,87
					Tela de ancoragem MAT	1,54
Execução de parede	R\$ 33,54	R\$ 74,66	-R\$ 41,12		Bloco cerâmico	17,04
					Argamassa	3,15
					Alvenaria MAO	11,20
					Encunhamento MAO	1,32
					Encunhamento MAT	0,83
					Perfis metálicos	17,32
					Manta Tyvek	3,02
					Placas cimentícias	15,57
LSF MAO	38,75					
Esquadrias	R\$ 0,58	R\$ 0,00	R\$ 0,58		Chumbeação MAO	0,58
Acabamento interno	R\$ 18,24	R\$ 8,27	R\$ 9,97		Chapisco MAT	1,12
					Chapisco MAO	1,97
					Reboco MAT	4,71
					Reboco MAO	10,44
					Tratamento de juntas MAT	5,30
					Tratamento de juntas MAO	2,97
Acabamento externo	R\$ 25,46	R\$ 8,27	R\$ 17,19		Limpeza de fachada	2,47
					Chapisco MAT	1,12
					Chapisco MAO	2,47
					Reboco MAT	6,90
					Reboco MAO	12,50
					Tratamento de juntas MAT	5,30
Tratamento de juntas MAO	2,97					
TOTAL	R\$ 81,77	R\$ 91,20	-R\$ 9,43	-11,53%		

Quadro 5: quadro de comparação de custos

O quadro demonstra, que mesmo excluindo diversas etapas construtivas, o sistema LSF é mais caro. A diferença de preço é de R\$ 9,43, representando 11,53% de aumento em relação a alvenaria. Este déficit é influenciado pelo valor da mão de obra de montagem dos painéis metálicos e fixação das placas cimentícias, que além de ser extremamente especializada, ainda é escassa, pois a demanda do mercado no Rio Grande do Sul atualmente é muito pequena. No sistema LSF, a mão de obra para a execução de paredes é responsável por 42,49% do custo total de produção, e se comparada a mão de obra de assentamento de blocos cerâmicos é aproximadamente 246% mais cara, gerando uma diferença de R\$ 27,55 por metro quadrado. Entretanto, é importante ressaltar que a diferença de custos real entre os dois sistemas será menor levando em conta alguns itens que não foram contabilizados no quadro comparativo como a retirada de resíduos do canteiro de obra e a diminuição de materiais necessários para a execução da estrutura de concreto armado, já que as paredes em LSF são mais leves que as executadas em alvenaria impactando diretamente nas dimensões de elementos estruturais do edifício e das fundações do mesmo.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo das obras foi considerado produtivo, pois foi possível conhecer detalhes da execução do *Light Steel Frame*, que apesar de ser utilizada por algumas empresas, ainda se mostra uma técnica recente e em fase de teste. Por outro lado, foi possível verificar que ainda há obras que utilizam o sistema construtivo tradicional, destacando alguns pontos que reforçam a idéia de manutenção deste sistema de produção histórico.

Quanto à logística, verifica-se que os materiais utilizados no sistema LSF possuem menor volume, menor peso específico e maior resistência a umidade, facilitando, desta maneira o armazenamento e transporte deste material dentro do canteiro.

Além da vantagem de que a não utilização de argamassa na execução e revestimento de paredes gera uma redução significativa no desperdício de materiais e mão de obra no canteiro, foi possível verificar que o prazo da obra fica beneficiado de maneira direta e indireta pela opção de execução de paredes externas de vedação utilizando perfis metálicos e placas cimentícias, pois, além da eliminação de diversas etapas da obra, as soluções adotadas levam à racionalização da produção, acelerando-a durante os processos executivos.

Através da análise de custos podem ser obtidas algumas conclusões. Inicialmente, verificamos que a não execução de serviços antecedentes e de acabamento superficial indica uma economia financeiramente notável. Porém, foi possível verificar que a necessidade de uma mão de obra especializada para a execução das paredes em *Light Steel Frame* e colocação das placas cimentícias acabou tornando o sistema dispendioso, quando comparado à utilização de mão de obra utilizada na produção da alvenaria. Esta diferença gerou um déficit referente à economia que se tinha com a não execução de revestimento superficial. Isto nos leva a concluir que um investimento adequado por parte dos construtores interessados no sistema seria o treinamento de mão de obra própria para executar paredes de vedação em LSF, porém como são utilizadas alguns equipamentos pouco usuais no meio da construção, ainda são poucos os que têm domínio destes equipamentos. Por isso, as empresas ainda preferem pagar mais, mas com a garantia e responsabilidade de um serviço bem feito. Além disso, a qualidade de execução tem influência direta no custo do sistema, pois patologias geradas por causa de erros da mão de obra, obriga a execução reparos, gerando gastos adicionais.

A principal desvantagem da utilização do sistema *Light Steel Frame* para a execução de paredes externas de vedação é o seu custo, que conforme demonstrado na pesquisa é 11,53% mais caro do que o sistema tradicional, que utiliza alvenaria.

Outras desvantagens são o lento procedimento de tratamento de juntas e a possibilidade de fissuras nas juntas das placas cimentícias, caso estas não forem bem executadas. Embora durante a obra não tenham ocorrido fissuras na fachada, esta preocupação é justificada pela enorme empenho da empresa em controlar a execução do tratamento das juntas, conforme demonstrado no trabalho.

Pode-se verificar, então, que o sistema *Light Steel Frame* apresenta muitas vantagens quando bem executado, como redução de consumo de material e mão de obra e redução de tempo. Por outro lado, sua execução é considerada mais complicada, exigindo cuidados maiores com a qualidade e, como visto na obra 2, contratação de uma empresa especializada para a realização do serviço.

Outro fator que pode ser ressaltado é a diferença de porte das construtoras responsáveis pelas obras estudadas. Enquanto a obra em alvenaria foi executada por uma empresa reconhecida nacionalmente que atua em todas regiões do País e que possui um padrão de execução e de qualidade, a obra em LSF foi executada por uma pequena empresa de Porto Alegre que utilizou pela primeira vez este sistema de execução de paredes externas. Com isso, é possível afirmar que o sistema LSF, sendo utilizado e aprimorado ao longo dos próximos anos, em um curto período de tempo apresentará resultados melhores em relação a alvenaria do que os relatados nesta pesquisa.

O trabalho apontou as vantagens e as limitações do sistema LSF, também apresentou resultados e valores reais praticados em obra. Porém, apesar de comprovado os bons resultados do sistema, durante o acompanhamento da obra 1 ficou claro a falta de necessidade da empresa em alterar o seu procedimento construtivo, pois além de estar sendo melhorado a décadas pela construtora, há uma grande relação comercial com as empresas fornecedoras de insumos, facilitando a negociação do custo unitário dos mesmos. Para sistemas novos em assumirem uma participação maior no mercado brasileiro, são necessários investimentos em inovação e na utilização de equipamentos de tecnologia mais avançada.

Por fim, pode-se concluir que em obras que trabalham com prazo reduzido, o sistema *Light Steel Frame* se apresenta como boa alternativa, porém deve-se ter um cuidado redobrado na execução da estrutura do edifício, para que as seções aonde serão inseridos os painéis metálicos estejam em boas condições afim de assegurar a alta produtividade do sistema.

REFERÊNCIAS

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Guia do Construtor em Steel Framing**. [São Paulo], 2003. Versão 1.

CICHINELL, G. Parede ou vedação. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 15, n. 128, p. 52-57, nov. 2007.

FRANCO, L. S. **O projeto das vedações verticais: características e importância para a racionalização do processo de produção**. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998b, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1998. p. 221-236.

FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Steel Framing: arquitetura**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. Série Manuais da Construção em Aço.

JARDIM, G. T. C.; CAMPOS, A. S. **“Light Steel Framing”**: uma aposta do setor siderúrgico no desenvolvimento tecnológico da construção civil. São Paulo: CBCA, [entre 2004 e 2009]. Disponível em: <http://www.cbca-ibs.com.br/nsite/site/acervo_item_listar_apostilas.asp>⁸. Acesso em: 15 set. 2009.

LOTURCO, B. Chapas cimentícias são alternativa rápida para uso interno ou externo. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 11, n. 79, p. 62-66, out. 2003.

OLIVEIRA, L. A.; SOUZA, U. E. L.; SABBATINI, F. H. Produtividade da mão de obra na execução de vedação de fachadas com painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANTAC/UNIOESTE/UEL/UFPR, 2002.

SACCO, M. F.; STAMATO, G. C. Light wood frame: construções com estrutura leve de madeira. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 16, n. 140, p. 75-80, nov. 2008.

SANTIAGO, A. K.; ARAÚJO, E. C. Sistema Light Steel Framing Como Fechamento Externo Vertical Industrializado. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, 3., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCEM, 2008.

SILVA, M. G.; SILVA, V. G. **Painéis de Vedação**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004. Série Manuais da Construção em Aço.

SILVA, R. F. L.; CERQUEIRA, E. G. **Painéis Pré-Fabricados de Concreto Para Uso em Fachadas**. Salvador: UCSal, 2008. Disponível em: <<http://info.ucsal.br/banmon/index.html>>. Acesso em: 10 nov. 2009.

TERNI, A. W.; SANTIAGO, A. K.; PIANHERI, J. Steel frame – estrutura. **Revista Técnica**, São Paulo: Pini, ano 16, n. 137, p. 84-88, ago. 2008.

⁸ Acesso ao trabalho técnico, estando no site < <http://www.cbca-ibs.com.br>>, selecionar <Biblioteca>, <Apostilas e Trabalhos> e digitar no espaço “Palavra-chave” *Light Steel Framing*.