ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Eliana Kimie Taniguti

MÉTODO CONSTRUTIVO DE VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA DE CHAPAS DE GESSO ACARTONADO

**Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo para obtenção do título
de Mestre em Engenharia**

São Paulo
outubro de 1999

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL
Área de Concentração: Engenharia de Construção Civil e Urbana

Eliana Kimie Taniguti

**MÉTODO CONSTRUTIVO DE VEDAÇÃO
VERTICAL INTERNA DE CHAPAS
DE GESSO ACARTONADO**

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo para obtenção do título
de Mestre em Engenharia

Orientadora:
Prof. Dra. Mercia Maria Bottura de Barros

São Paulo
outubro de 1999

Taniguti, Eliana Kimie

Método construtivo de vedação vertical interna de chapas de gesso acartonado. São Paulo, 1999. 293p.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1. Vedação vertical – Gesso acartonado 2. Divisórias – Edifícios I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil. II. t

AGRADECIMENTOS

Após o término de mais uma etapa, fica a satisfação de poder ter conhecido várias pessoas, que tornaram o dia a dia mais agradável.

Confesso que não tenho o dom das palavras, mas certamente seria uma pessoa “*non grata*” se deixasse de agradecer a algumas delas.

À Professora **Mercia Maria Bottura de Barros**, pela orientação precisa e segura, além do incentivo permanente que extrapola o âmbito do desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores **Fernando Henrique Sabbatini** e **Silvia Selmo**, pelas sugestões valiosas durante a fase de qualificação, que muito contribuíram para a melhoria do conteúdo deste trabalho.

Ao M. Eng. **Julio Cesar Sabadini de Souza**, um verdadeiro parceiro, acompanhando nas visitas às obras, auxiliando na pesquisa bibliográfica e corrigindo todo o texto de forma criteriosa.

Ao grande amigo, o Eng. **Chiang Chung Sen**, pelo apoio incondicional e sobretudo pela paciência e incentivo nos momentos difíceis.

À amiga e Enga. **Artemária Coêlho de Andrade**, que tem o dom de contagiar a todos com seu jeito otimista e alegre de ser, um agradecimento especial pela demonstração de companheirismo ao longo desses anos.

À minha “irmãzinha”, a Enga. **Rubiane Paes Antunes do Nascimento**, por ter me “abrigado” nas inúmeras vezes necessárias.

Ao desenhista **Jefferson Pistroesi**, pela realização das ilustrações deste trabalho.

À **Sofia Villagarcia** e à **Montserrat Duenas Pena** pelo auxílio prestado para a conclusão deste trabalho.

Às bibliotecárias **Fátima** e **Silvia**, pelas revisões das referências bibliográficas.

Aos funcionários da USP com os quais tive a grata satisfação de conviver, especialmente à **Leo, Fátima Sanches, Cristina Solera, Alcione Anaya** e ao **Paulinho**.

À minha **família**, pelo apoio e estímulo durante todos esses anos, sem os quais certamente não seria possível concluir mais essa etapa.

Aos sempre amigos **Rosi, Taka** e **Dodó** que, mesmo geograficamente distantes, continuam presentes permanentemente.

Finalmente, agradeço à colaboração das seguintes empresas:

ARCO Consultoria

ADDOR e Associados

BKO Engenharia e Comércio

Construtora **Tael**

Cyrela Empreendimentos Imobiliários

Drycon Construção a seco

Evolução Empreendimentos Imobiliários

Gafisa Imobiliária

Georgia Pacific Gypsum Corporation

Hauer Construções Cíveis

Hilti do Brasil

Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo

Knauf do Brasil

Método Engenharia

National Gypsum Company

Placo do Brasil

Roll-for Artefatos e Metálicos

SENAI "Orlando Laviero Ferraiuolo"

Suarez Incorporações

Telpro Inc.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	i
Lista de Tabelas	vi
Resumo.....	x
“Abstract”	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos	5
1.2 Justificativa.....	6
1.3 Metodologia	7
1.4 Estruturação do Trabalho	8
2 AS VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS.....	10
2.1 Terminologia das Vedações Verticais Internas de Chapas de Gesso Acartonado	11
2.2 Classificação das Vedações Verticais Internas	14
2.3 Funções das Vedações Verticais Internas	17
2.4 Requisitos e Critérios de Desempenho das Vedações Verticais Internas	18
2.4.1 Desempenho térmico.....	20
2.4.2 Resistência e reação ao fogo	21
2.4.3 Desempenho acústico	32
2.4.3.1 <i>Uso de dispositivos de ventilação</i>	41
2.4.3.2 <i>Interrupção das vedações verticais sob forros leves</i>	42
2.4.3.3 <i>Acabamentos das frestas no encontro vedação vertical/forro; vedação vertical/piso e entre vedações verticais</i>	43
2.4.3.4 <i>Ruídos provenientes do funcionamento das instalações hidráulicas e sanitárias</i>	46
2.4.4 Estanqueidade frente à ação da água e vapor d'água	49
2.4.5 Desempenho estrutural.....	57
2.4.5.1 <i>Comportamento frente às deformações da estrutura de concreto</i>	59

2.4.5.2 Capacidade de suporte de cargas suspensas	65
2.4.5.3 Resistência a impactos	69

3 MATERIAIS, COMPONENTES, EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS PARA A EXECUÇÃO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS DE CHAPAS DE GESSO ACARTONADO	76
3.1 Materiais e Componentes para Execução das Divisórias de Gesso	77
3.1.1 Componentes para fechamento.....	77
3.1.1.1 Chapas para uso comum	84
3.1.1.2 Chapas resistentes ao fogo.....	86
3.1.1.3 Chapas resistentes à água.....	88
3.1.1.4 Chapas resistentes ao vapor d'água	92
3.1.1.5 Chapas resistentes ao impacto	94
3.1.1.6 Chapas flexíveis.....	95
3.1.2 Componentes para suporte das chapas	96
3.1.3 Componentes para fixação	103
3.1.4 Materiais para tratamento das juntas entre as chapas	109
3.1.4.1 Massas para tratamento das juntas	110
3.1.4.2 Fitas para juntas.....	114
3.1.5 Materiais para isolamento termo-acústico	120
3.2 Equipamentos e Ferramentas	124
3.2.1 Equipamentos e ferramentas para locação	125
3.2.2 Ferramentas para controle geométrico	126
3.2.3 Equipamentos e ferramentas para corte dos materiais e componentes	129
3.2.4 Equipamentos para a fixação dos perfis metálicos e das chapas de gesso acartonado.....	133
3.2.5 Equipamentos e ferramentas para transporte das chapas	136
3.2.6 Equipamentos e ferramentas para auxiliar no posicionamento das chapas durante a execução	138
3.2.7 Equipamentos e ferramentas para o tratamento das juntas entre as chapas de gesso acartonado	142

4 MÉTODO CONSTRUTIVO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS

DE CHAPAS DE GESSO ACARTONADO	150
4.1 Condições de Início	151
4.2 Locação e Fixação das Guias	153
4.3 Colocação dos Montantes	153
4.4 Fechamento de uma Face da Divisória	153
4.5 Execução de Instalações Hidráulicas, Sanitárias e Elétricas	164
4.5.1 Instalação elétrica	165
4.5.2 Instalações hidráulica e sanitária	170
4.6 Preenchimento da Divisória com Isolante Termo Acústico.....	178
4.7 Fechamento da Segunda Face da Divisória.....	180
4.8 Tratamento das Juntas Entre as Chapas de Gesso	181
4.9 Acabamento Final da Divisória	188
4.10 Detalhes Construtivos	190
4.10.1 Junção de divisórias	190
4.10.2 Fixação de batentes.....	192
4.10.3 Juntas	195
4.10.4 Divisórias em ambientes molháveis.....	197
4.10.5 Divisórias curvas.....	198
4.10.6 Peças suspensas.....	202

5 DIRETRIZES PARA A PRODUÇÃO DA VEDAÇÃO VERTICAL DE CHAPAS DE GESSO ACARTONADO

CHAPAS DE GESSO ACARTONADO	205
5.1 O projeto das Divisórias de Gesso Acartonado	206
5.1.1 Anteprojeto	218
5.1.1.1 Análise dos anteprojetos	220
5.1.1.2 Análise crítica dos anteprojetos	220
5.1.1.3 Anteprojeto das divisórias com chapas de gesso acartonado..	223
5.1.2 Detalhamento do projeto executivo de divisórias com chapas de gesso acartonado	224
5.1.3 Elaboração do projeto para produção.....	226
5.1.3.1 Organização do canteiro de obras	227
5.1.3.2 Programação da execução	231

5.2 Contratação da Montadora.....	233
5.3 Treinamento da Mão-de-obra.....	239
5.4 Controle no Processo de Execução	246
5.4.1 Recebimento dos materiais e componentes	247
5.4.2 Controle antes da execução das divisórias.....	249
5.4.2.1 Controle da estrutura.....	250
5.4.2.2 Controle das instalações	251
5.4.3 Controle durante a execução das divisórias	252
5.4.4 Controle após a execução das divisórias.....	258
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	261
6.1 O Atual Contexto	261
6.2 Limitações a Serem Suplantadas	263
6.3 Sugestões para Trabalhos Futuros	267
Anexo A	269
Anexo B	271
Anexo C	275
Referências Bibliográficas	282

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1:	Consumo das chapas de gesso, segundo DE LUCA [1999]	4
FIGURA 2.1:	Divisória de gesso acartonado e seus componentes.	17
FIGURA 2.2:	Transmissão do som de um ambiente a outro através do forro.....	43
FIGURA 2.3:	Detalhes de acabamento nas frestas [GA, 1981; CSTB, 1981].	45
FIGURA 2.4:	Características do corpo de prova do ensaio de estanqueidade da divisória segundo a NBR 11679 [ABNT, 1990c].	51
FIGURA 2.5:	Características geométricas do corpo de prova ensaiado [BÖRTEMARK, 1975].....	62
FIGURA 2.6:	Característica do suporte para realização do ensaio de cargas suspensas segundo a NBR 11678 [ABNT, 1990f]....	67
FIGURA 2.7:	Características do corpo de prova para o ensaio de impacto de corpo mole, segundo a NBR 11675 [ABNT, 1990g].	71
FIGURA 3.1:	Tipos de borda das chapas de gesso acartonado [adaptado de GA, 1986].	80
FIGURA 3.2:	Características da borda rebaixada da chapa de gesso segundo a ASTM C36 e BS 1230.	81
FIGURA 3.3:	Guias e montantes da divisória de gesso acartonado.....	98
FIGURA 3.4:	Formato das guias e montantes comercializados nos Estados Unidos [NG, 1996; G-P GYPSUM CORPORATION, 1997].....	101

FIGURA 3.5:	Características geométricas dos perfis metálicos.	103
FIGURA 3.6:	Tipos de pregos comercializados nos Estados Unidos para a fixação das chapas de gesso nos montantes de madeira [GA, 1986].	106
FIGURA 3.7:	Tipos de parafusos comercializados nos Estados Unidos [adaptado de GA, 1986]	108
FIGURA 3.8:	Posicionamento do parafuso na chapa de gesso [PLACO DO BRASIL, s.d.]	109
FIGURA 3.9:	Selante de aberturas provenientes das de instalações hidráulicas e elétricas [NGC, 1996.]	124
FIGURA 3.10:	Cordão para marcação.....	126
FIGURA 3.11:	Prumo de face, trena e metro.....	127
FIGURA 3.12:	Esquadro	128
FIGURA 3.13:	Procedimento para o corte da chapa de gesso com estilete.....	129
FIGURA 3.14:	Serrote de ponta, plaina e serra copo	131
FIGURA 3.15:	Drywall router	132
FIGURA 3.16:	Tesoura para corte de perfis metálicos	132
FIGURA 3.17:	Pistola de tiro à pólvora para fixação das guias na laje.....	133
FIGURA 3.18:	Martelo para chapas de gesso acartonado	134
FIGURA 3.19:	Parafusadeira para fixação das chapas de gesso à estrutura suporte.	136
FIGURA 3.20:	Ferramenta para transporte manual de chapas de gesso....	137
FIGURA 3.21:	Carrinho para transporte de chapas de gesso, desenvolvido pela construtora “Hauer”	138

FIGURA 3.22: Pedal para elevar a chapa de gesso: (a) ajustando o pedal à chapa; (b) elevando a chapa de gesso.....	139
FIGURA 3.23: Pé de cabra (não recomendado) e levantador de chapa.	140
FIGURA 3.24: Elevador de chapa [TELPRO INC., 1998].	142
FIGURA 3.25: Misturador de massa manual e misturador acoplado à furadeira elétrica.....	143
FIGURA 3.26: Ferramentas para tratamento das juntas: espátulas de uso tradicional, espátula curvada, espátula de grande largura e espátula para cantos.....	145
FIGURA 3.27: Carretel para colocação da fita para tratamento das juntas e bazooka.....	148
FIGURA 4.1: Etapas de execução da divisória de gesso acartonado	153
FIGURA 4.2: Locação das guias	155
FIGURA 4.3: Colocação dos montantes [LAFARGE GESSO, 1996].....	158
FIGURA 4.4: Emprego do nível de bolha para a colocação dos montantes no prumo [LAFARGE GESSO, 1996].	158
FIGURA 4.5: Forma não recomendada de fixação dos montantes às guias superior e inferior.....	159
FIGURA 4.6: Dupla estrutura através de montantes solidarizados [PLACO DO BRASIL, s.d.]	160
FIGURA 4.7: Direção dos montantes e sentido de colocação das chapas de gesso [CSTB, 1991].....	161
FIGURA 4.8: Juntas horizontais desencontradas.....	162
FIGURA 4.9: Desencontro das junções na sobreposição de duas chapas de gesso [LAFARGE GESSO, 1996].	163

FIGURA 4.10: Detalhe do encontro da chapa de gesso com o piso [CSTB, 1981].....	164
FIGURA 4.11: Passagem de eletrodutos dentro da divisória	165
FIGURA 4.12: Peça plástica a ser colocada nos orifícios dos montantes para a proteção dos eletrodutos.....	166
FIGURA 4.13: Formas de fixação da caixa de luz ao montante	168
FIGURA 4.14: Perfil metálico específico para fixação da caixa de luz.	169
FIGURA 4.15: Caixa de luz específica para fixação em chapas de gesso. .	170
FIGURA 4.16: Fixação de tubulação rígida	173
FIGURA 4.17: Tubulação PEX e tubo “guia”	174
FIGURA 4.18: Cotovelo removível.....	175
FIGURA 4.19: Caixa de distribuição dos tubos “PEX”	176
FIGURA 4.20: Piso Box	176
FIGURA 4.21: Bacia sanitária de saída horizontal e sua instalação.....	177
FIGURA 4.22: Preenchimento da divisória com isolante termo acústico.....	179
FIGURA 4.23: Tubulação hidráulica envolvida com lã de vidro.....	179
FIGURA 4.24: Desencontro das junções de chapas entre as duas faces da divisória.	181
FIGURA 4.25: Aplicação da fita para tratamento das juntas.	183
FIGURA 4.26: Três camadas de massa de rejunte sobre a fita [PLACO DO BRASIL, s.d.]	186
FIGURA 4.27: Interseção de juntas	187
FIGURA 4.28: Encontro de divisórias em “L”	191
FIGURA 4.29: Guia inferior dobrada para a colocação do batente [LAFARGE GESSO, 1996].....	192

FIGURA 4.30: Estruturação na parte superior para fixação de batente [LAFARGE GESSO, 1996].	194
FIGURA 4.31: Detalhes de juntas de movimentação. (a) G-P GYPSUM CORPORATION [1997]; (b) MITIDIERI FILHO [1997].	197
FIGURA 4.32: Detalhes do encontro entre a divisória de gesso e o piso (a) TCA [1995]; (b) adaptado de MITIDIERI FILHO [1997].	199
FIGURA 4.33: Fixação de buchas e pregos para peças suspensas [PLACO DO BRASIL, s.d.]	203
FIGURA 5.1: Possibilidade de reduzir custos de falhas [HAMMARLUND; JOSEPHSON, 1992].	207
FIGURA 5.2: Seqüência das atividades para o desenvolvimento do projeto para produção das divisórias de gesso acartonado.	219
FIGURA 5.3: Armazenamento das chapas de gesso acartonado (a) pilhas com altura superior a 1,60m; (b) pilhas de até 1,60 m de altura.	229
FIGURA 5.4: Armazenamento do material em pó para tratamento das juntas.	230
FIGURA 5.5: Tolerâncias permitidas pela BS 8212 para as espessuras das regiões que receberam tratamento de juntas (a) encontro entre duas chapas de gesso; (b) canto interno; (c) canto externo [adaptado de BSI, 1995].	259

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1:	Investimentos realizados e capacidade de produção das fábricas de chapas de gesso acartonado	4
TABELA 2.1:	Critérios de resistência ao fogo, segundo Decreto Estadual 38.069/93 [SÃO PAULO, 1993].	24
TABELA 2.2:	Critérios de resistência ao fogo, segundo a NBR 9077 [ABNT, 1993].	24
TABELA 2.3:	Resultados de ensaios de resistência ao fogo realizado pelo IPT [BERTO, 1988]	26
TABELA 2.4:	Resultados de ensaios de resistência ao fogo das divisórias de gesso acartonado [GA, 1988; FPI, 1976; IPT, 1997; IPT, 1998; CSTB, 1976].	30
TABELA 2.5:	Valores de isolamento de som aéreo exigidos pelo código de construção e habitação da França [ISOVER SAINT-GOBAIN, 1996].	34
TABELA 2.6:	Resultados de ensaios de desempenho acústico das divisórias de gesso acartonado [IPT, 1997; IPT, 1998; GA, 1988; NGC, 1996; CSTB 1976a, CSTB 1976b].	39
TABELA 2.7:	Resultados de ensaios de desempenho acústico das divisórias de gesso acartonado com o emprego de isolante acústico [IPT, 1997; IPT, 1998; GA, 1988; NGC, 1996; CSTB 1976a, CSTB 1976b].	40
TABELA 2.8:	Componentes e equipamentos hidráulicos que apresentam ruído com elevado grau de desconforto acústico [HARRIS, 1994].	48

TABELA 2.9: Tolerância dimensional do componente de fechamento após a realização do ensaio de comportamento sob ação da umidade, segundo a NBR 11681 [ABNT, 1990e].	56
TABELA 2.10: Resultado dos ensaios de solicitações transmitidas por peças suspensas [IPT, 1997; IPT, 1998].	69
TABELA 2.11: Cargas a serem aplicadas nas vedações verticais internas sem função estrutural, para o ensaio de impacto de corpo mole [IPT, s.d.].	72
TABELA 2.12: Critérios utilizados para a avaliação da resistência a impactos e solicitações transmitidas por portas [IPT, 1997; IPT, 1998].	74
TABELA 2.13: Resultado dos ensaios de resistência a impactos e solicitações transmitidas por portas [MITIDIERI FILHO, 1998].	74
TABELA 3.1: Tolerâncias dimensionais permitida para as chapas de gesso acartonado e para os componentes de fechamento de divisórias leves internas moduladas [AFNOR, 1981; ASTM, 1997; BSI, 1985; DIN, 1989; ISO, 1980; ABNT, 1990e].	82
TABELA 3.2: Variações dimensionais e densidade superficial das chapas de gesso acartonado avaliadas no Brasil [adaptado de IPT, 1997].	83
TABELA 3.3: Dimensões das chapas de gesso acartonado para uso comum comercializadas no Brasil [KNAUF, s.d.; LAFARGE GESSO, 1996; PLACO DO BRASIL, s.d.].	85
TABELA 3.4: Dimensões das chapas de gesso acartonado resistentes ao fogo comercializadas no Brasil [KNAUF, s.d.; LAFARGE GESSO, 1996; PLACO DO BRASIL, s.d.].	87

TABELA 3.5:	Dimensões das chapas de gesso acartonado resistentes à água comercializadas no Brasil [KNAUF, s.d.; LAFARGE GESSO, 1996; PLACO DO BRASIL, s.d.].....	89
TABELA 3.6:	Características dos perfis de aço galvanizado avaliados pelo IPT [adaptado de IPT, 1997; IPT 1998].	100
TABELA 3.7:	Características dos perfis de aço galvanizado comercializados no Brasil [KNAUF; SENAI, 1999].	101
TABELA 3.8:	Tolerâncias dimensionais permitidas para os perfis metálicos, segundo a ASTM C645 e BS 7634 [ASTM, 1990b; BSI 1990].....	102
TABELA 3.9:	Características geométrica dos parafusos [adaptado de ASTM, 1993b].....	109
TABELA 3.10:	Tempo de secagem de massa para rejuntamento [NG, 1996].	114
TABELA 3.11:	Tipos de massa para rejunte comercializados pela Placo do Brasil [PLACO DO BRASIL, s.d.].....	115
TABELA 3.12:	Tipos de massa para tratamento das juntas comercializada pela Lafarge Gesso [LAFARGE GESSO, 1996].....	115
TABELA 3.13:	Tipos de massa para tratamento das juntas comercializados pela KNAUF do Brasil [KNAUF; SENAI, 1999.].....	116
TABELA 3.14:	Características das massas para tratamento das juntas comercializadas no Brasil [CSTB 1993a; 1993b; 1994a; 1994b; 1994c; 1996].....	117
TABELA 3.15:	Comparação entre lã de vidro e lã de rocha [ISOVER SAINT-GOBAIN, 1996].....	121

TABELA 3.16: Características da lã de vidro fornecidas no Brasil [ISOVER-SANTA MARINA, s.d.]	122
TABELA 3.17: Características da lã de rocha fornecidas no Brasil [ROCKFIBRAS, s.d.]	123
TABELA 4.1: Características da atividade de locação das obras visitadas.....	156
TABELA 4.2: Problemas detectados na compatibilização da instalação elétrica com a divisória	167
TABELA 4.3: Problemas detectados na compatibilização da instalação hidráulica com a divisória	171
TABELA 4.4: Tipo de tubulações empregados nas obras visitadas.....	172
TABELA 4.5: Características dos reforços de batentes empregados nas obras e sua forma de fixação	193
TABELA 4.6: Espaçamento entre os montantes para as divisórias curvas [PLACO DO BRASIL, s.d.]	200
TABELA 4.7: Espaçamento entre os montantes para as divisórias curvas [LAFARGE PLASTERBOARD, s.d.].....	201
TABELA 5.1: Fornecedores de projeto de cada obra.....	210
TABELA 5.2: Etapa da obra em que foi decidido empregar divisórias de gesso acartonado	212
TABELA 5.3: Critérios de avaliação de fornecedores [adaptado de ISSATO; FORMOSO, 1997]	240
TABELA 5.4: Características do curso de treinamento oferecido pelos fabricantes de chapas de gesso	242
TABELA 5.5: Desvios dimensionais dos perfis metálicos [ASTM, 1995c; BSI, 1990].....	248

MÉTODO CONSTRUTIVO DE VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA DE CHAPAS DE GESSO ACARTONADO

Eliana Kimie Taniguti

RESUMO

A atual situação sócio econômica do país tem levado as empresas construtoras a buscarem eficiência no seu processo de produção.

Nesse contexto, o uso das chapas de gesso acartonado como componente de vedação vertical interna vem se tornando cada vez mais intenso, substituindo a tradicional vedação em alvenaria.

Apesar da utilização crescente desse componente, há uma carência no país sobre o conhecimento da tecnologia construtiva das divisórias de gesso acartonado, que já é largamente difundida em vários países.

Dessa forma, o presente trabalho caracteriza o método construtivo da vedação vertical interna de chapas de gesso acartonado, abordando sobre o seu desempenho; analisando os materiais, componentes, equipamentos e ferramentas necessários para a sua execução; apresentando os procedimentos de montagem da divisória e propondo algumas diretrizes para a elaboração de um projeto para produção e o estabelecimento de parâmetros de controle durante o processo de execução.

Espera-se dessa forma contribuir para o avanço da tecnologia de produção das vedações verticais e, em especial, das divisórias de gesso acartonado

CONSTRUCTION METHOD FOR GYPSUM PLASTERBOARD PARTITION

Eliana Kimie Taniguti

ABSTRACT

Due to the current social and economic situation in Brazil, building construction companies are seeking ways to improve efficiency in their production processes.

For this reason, gypsum plasterboard is beginning to be widely used for internal walls as a substitute for traditional masonry.

In spite of the increasing utilization of this component, which is common in other countries, little research regarding gypsum plasterboard construction technology has been carried out here.

In this way, this study deals with the gypsum plasterboard construction method, analyzing its performance, materials, components, equipment and tools required for installation. It also describes the procedure for assembling these partitions. Finally, some guidelines for the production design elaboration and the parameters to help to control the execution process are proposed.

This study aims to contribute to improving internal wall technologies, especially gypsum plasterboard partition construction.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Na última década, muitas mudanças de ordem social e econômica têm refletido diretamente sobre a Indústria da Construção Civil.

Com a estabilidade econômica, a redução no custo de produção passou a ser importante para as empresas construtoras, de modo que muito se fala em racionalização da construção civil, redução de desperdícios, *lean construction*, entre outras tantas ações que visam à competitividade.

Ao mesmo tempo, o Código de Defesa do Consumidor vem se constituindo num poderoso aliado dos consumidores, que passaram a ser mais exigentes, reivindicando por seus direitos.

Dessa forma, a empresa construtora que deseje obter vantagem competitiva no mercado deve produzir pelo menor custo, sem, no entanto, deixar de considerar a qualidade exigida para o produto.

Em se tratando da construção de edifícios, a racionalização das vedações verticais pode ser vantajosa para a construtora, pois interfere significativamente no custo global da obra, uma vez que possui interfaces com vários subsistemas, a saber: estrutura, impermeabilização, instalações prediais, esquadrias e revestimentos [FRANCO, 1998].

Segundo BARROS [1998], a vedação vertical, que tradicionalmente é realizada em alvenaria, representa apenas 3 a 6% do custo do edifício; entretanto, muitos outros benefícios são obtidos através de sua racionalização, destacando-se o aumento da produtividade, a redução nas espessuras dos revestimentos e dos problemas patológicos, tanto da alvenaria como dos subsistemas inter-relacionados a ela.

A racionalização da alvenaria não é um fato recente. No final da década de 80, ou seja, há dez anos, houve um desenvolvimento expressivo da racionalização da alvenaria através de um convênio entre a Escola Politécnica da USP e uma grande construtora que atuava em todo o país [BARROS, 1998].

Os resultados obtidos certamente chamaram a atenção de outras construtoras, que perceberam a importância da racionalização desse subsistema e procuraram realizar melhorias na tecnologia de produção das alvenarias.

Através de pesquisa realizada pela autora, percebe-se que, na década de 90, algumas construtoras conseguiram melhorias significativas na execução da alvenaria e ainda continuam buscando aperfeiçoar essa tecnologia construtiva. Além disso, detectou-se que a quantidade de construtoras que vêm procurando implantar o processo de racionalização das vedações verticais tem aumentado [TANIGUTI, 1996].

Com relação ao gesso acartonado, muitas construtoras passaram a conhecer essa tecnologia no início desta década, quando a Método Engenharia começou a importar algumas alternativas construtivas para a construção de edifícios, dentre as quais, as divisórias de chapas de gesso acartonado.

Essa tecnologia passou a ser divulgada e comercializada por essa empresa como uma inovação tecnológica importada [SOUSA, 1992], apesar de existir no Brasil desde a década de 70.

Em meados desta década, a Método concluiu um empreendimento que teve grande repercussão no mercado, contribuindo para a divulgação das vedações de gesso acartonado [KÖNIGSBERGER; VANNUCCHI, 1997].

Nessa mesma época, duas empresas estrangeiras fabricantes de chapas de gesso acartonado, a Lafarge Gypsum e a Placo do Brasil, instalaram-se no Brasil, motivadas pelas perspectivas do aumento de consumo de seus componentes [CORBIOLI, 1996].

No final de 1997, outra empresa estrangeira, a Knauf, também instalou-se no Brasil, após estudar o mercado brasileiro por seis meses [RICHERS, 1998].

Compilando-se os dados apresentados por CORBIOLI [1995,1996], RICHERS [1998], SABBATINI [1998a] e VAN DAM [1999], apresenta-se, na tabela 1.1, os valores investidos por essas empresas e a capacidade de produção de suas fábricas.

Observa-se que, em menos de três anos, três fabricantes estrangeiros de chapas de gesso instalaram-se no país, investindo na consolidação do emprego de seus produtos, que já são largamente empregados em diversos países de América do Norte, Europa e Ásia e cujo consumo vem se tornando cada vez mais crescente no Brasil, conforme se observa na figura 1.1.

TABELA 1.1: Investimentos realizados e capacidade de produção das fábricas de chapas de gesso acartonado.

Empresa	Investimento	Localização da fábrica	Capacidade de produção (m ² chapa/ano)
Knauf	45 milhões de dólares	Queimados, RJ	12.000.000
Lafarge Gesso	não revelado	Petrolina, PE	3.500.000
	70 milhões de reais	Proximidade de São Paulo	12.000.000 a 20.000.000
Placo do Brasil	24 milhões de dólares	Mogi das Cruzes, SP	11.000.000

FIGURA 1.1: Consumo das chapas de gesso, segundo DE LUCA [1999].

Se, por um lado, há um crescimento no uso das chapas de gesso acartonado como componentes da vedação vertical; por outro lado, há um desconhecimento muito grande a respeito de sua tecnologia de produção, bem

como de seu comportamento, sendo incipientes as pesquisas realizadas no Brasil sobre esse assunto.

Nesse contexto é que se realiza este trabalho, que procura reunir o atual estado da arte sobre as vedações verticais de gesso acartonado, estudando a caracterizando o seu método construtivo.

1.1 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho consiste em sistematizar o conhecimento relativo ao método construtivo de vedação vertical interna com chapas de gesso acartonado em edifícios de múltiplos pavimentos, construídos com estrutura reticular de concreto armado.

Para isso, são objetos específicos do trabalho:

- apresentar e discutir os requisitos e critérios de desempenho requeridos para as vedações verticais internas dos edifícios e, em especial, das divisórias de gesso acartonado;
- apresentar o atual estado da arte no uso de chapas de gesso acartonado no Brasil e no exterior;
- analisar os materiais, componentes, equipamentos e ferramentas necessários para a execução do serviço de montagem das divisórias;
- analisar os aspectos do projeto para produção da divisória de chapas de gesso acartonado;
- analisar a questão do controle da produção e do treinamento da mão-de-obra para execução das vedações em gesso acartonado.

1.2 Justificativa

Acredita-se que o conhecimento das características tecnológicas, incluindo o desempenho do produto empregado, seja de fundamental importância para quem o emprega, para que seja possível utilizar o produto de modo ótimo e, também, para evitar a ocorrência de problemas patológicos futuros.

No caso do método construtivo das vedações verticais de chapas de gesso acartonado, a prática tem demonstrado que a sua implantação na produção de edifícios tem ocorrido sem planejamento e as empresas construtoras vêm tomando as decisões no momento da execução. Além disso, pelo fato do processo de produção da vedação vertical interna não ser pensado conjuntamente com os demais subsistemas, observa-se uma dificuldade na integração entre as várias atividades envolvidas. Com isso, as soluções, muitas vezes improvisadas, chegam a contrariar as recomendações dos fabricantes das chapas de gesso.

Considera-se também a falta de conhecimento tecnológico sobre o assunto por parte dos vários agentes envolvidos no processo de produção das divisórias de gesso acartonado: fabricantes dos materiais e componentes necessários à execução do serviço, projetistas de divisórias de gesso acartonado, empresa construtora e mão-de-obra de produção.

Esse desconhecimento, num futuro não muito distante, poderá levar à existência de uma série de problemas, os quais, certamente, poderão comprometer o relacionamento fornecedor-cliente em todas as dimensões da produção de edifícios.

Além disso, se a implantação das chapas de gesso acartonado ocorrer de forma isolada, sendo utilizadas apenas como um substituto da alvenaria, o resultado final ficará comprometido, o custo de produção poderá ser superior ao planejado e também poderá haver a ocorrência de sérios problemas patológicos, resultando numa rejeição desse produto e inviabilizando-o em obras posteriores, além de comprometer a imagem da construtora.

A falta de conhecimento tecnológico sobre o assunto, aliada à crescente utilização das chapas de gesso acartonado no país, evidenciam a importância de um estudo sobre o método construtivo desse sistema de vedação vertical visando otimizar o uso desses componentes, o que justifica plenamente a realização deste trabalho.

1.3 Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho, as seguintes atividades foram realizadas:

- **levantamento bibliográfico:** compreendeu uma busca bibliográfica sobre a literatura disponível que aborde as características técnicas, de desempenho e de execução das divisórias de gesso acartonado. Foram pesquisados catálogos de fabricantes de chapas de gesso acartonado, artigos de revistas nacionais e estrangeiras, normas americanas e européias e *sites* na Internet de institutos de pesquisa, associações de gesso e fabricantes de chapas de gesso, de equipamentos e ferramentas necessários para a montagem da divisória;

- **visitas às empresas:** o levantamento do atual estado da arte das divisórias de gesso acartonado no Brasil envolveu visitas aos vários agentes envolvidos no seu processo de produção: fabricantes de chapas de gesso, montadoras, construtoras e empresas que estão desenvolvendo o projeto das divisórias de gesso acartonado;
- **visitas às obras que empregaram divisórias de gesso acartonado:** através dessas visitas, procurou-se observar como está ocorrendo na prática a execução das divisórias de gesso acartonado, bem como detectar as dificuldades ocorridas durante a implantação dessa tecnologia no processo de produção de edifícios.

1.4 Estruturação do trabalho

Para atingir os objetivos propostos anteriormente, estruturou-se o trabalho em seis capítulos, sendo este primeiro relativo à introdução e o sexto, referente às considerações finais.

O Capítulo 2 inicia com a apresentação das terminologias referentes às vedações verticais internas e às chapas de gesso acartonado pois, durante o desenvolvimento deste trabalho, detectou-se uma confusão no emprego de vários termos.

Nesse mesmo capítulo, aborda-se as características gerais de uma vedação vertical interna, explicitando as funções que deve cumprir. Uma vez caracterizada as funções, aborda-se então os requisitos e critérios de

desempenho necessários para que a vedação cumpra suas funções, enfocando-se principalmente as vedações de chapas de gesso acartonado.

No Capítulo 3, apresenta-se os materiais, componentes, equipamentos e ferramentas necessários para a execução do serviço, comparando a gama comercializada no Brasil com a dos países onde o uso dessa tecnologia já faz parte do processo tradicional de construção.

Uma vez conhecidos os materiais, equipamentos e ferramentas utilizados, apresenta-se no Capítulo 4 um procedimento racionalizado para a execução das divisórias de gesso acartonado, ressaltando os cuidados necessários em cada uma das etapas de execução e destacando-se os principais problemas observados durante as visitas realizadas nos canteiros de obras.

Considerando-se que o sucesso da implantação do método construtivo deve envolver várias etapas do processo de produção de edifícios, o capítulo 5 apresenta algumas diretrizes para a produção das divisórias de gesso acartonado. Essas diretrizes estão voltadas à elaboração de um projeto para produção das divisórias de gesso acartonado, aos cuidados necessários para a aquisição dos serviços, ao treinamento da mão-de-obra e à realização do controle antes, durante e após a execução da divisória.

CAPÍTULO 2

AS VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS

O edifício pode ser entendido como um sistema complexo, composto por vários subsistemas com funções distintas, mas que possuem relações intrínsecas entre si.

Dentre os vários subsistemas existentes, aborda-se neste capítulo o subsistema vedação vertical, que pode ser entendido como sendo o *“subsistema do edifício constituído por elementos que compartimentam, definem os ambientes internos e fornecem proteção lateral e controle contra a ação de agentes indesejáveis”* [SABBATINI; FRANCO, 1997].

Através dessa definição, fica explícito que existem dois tipos distintos de vedações verticais: aquelas relacionadas aos ambientes internos e aquelas que se situam no invólucro do edifício.

Por ocuparem posições distintas no edifício, as condições de exposição e as solicitações da vedação externa são diferentes da vedação interna e, conseqüentemente, apresentam características também distintas.

Este capítulo trata das vedações verticais internas, enfocando-se principalmente aquelas constituídas por chapas de gesso acartonado.

Inicialmente são apresentadas as terminologias referentes às vedações verticais internas que serão adotadas neste trabalho e, em seguida as suas várias formas de classificação e suas funções.

Para que as vedações verticais internas cumpram suas funções, devem atender a uma série de requisitos e critérios de desempenho, motivo pelo qual esses também são abordados neste capítulo.

2.1 Terminologia das Vedações Verticais Internas de Chapas de Gesso Acartonado

Antes de discutir os diversos aspectos que se referem às vedações verticais internas, cabe precisar os termos que a ela são referidos, pois termos como parede, divisória e até mesmo “*drywall*” são atribuídos a um mesmo elemento desse subsistema, tanto na linguagem corrente como no meio técnico.

Porém, observando-se as normas referentes às terminologias da construção civil, percebe-se que há uma diferença no significado desses vocábulos.

Dessa forma, o presente item procura apresentar as definições de cada um desses termos, as quais serão adotadas ao longo deste trabalho.

O termo **parede** é definido pela norma inglesa BS 6100 [BSI, 1992] como sendo uma construção vertical, geralmente em alvenaria ou concreto, que limita ou subdivide um espaço e pode ou não cumprir a função de receber cargas além de seu peso próprio.

Pela definição de parede apresentada pela norma inglesa, percebe-se não ser correto o emprego desse termo para designar a vedação de gesso acartonado,

pois, conforme salientam SABBATINI; FRANCO [1997], uma parede constitui-se num elemento fixo e é obtido por conformação, como é o caso da alvenaria e do concreto, o que não ocorre com a vedação de gesso acartonado.

Quanto à **divisória**, a norma BS 6100 [BSI, 1992] define-a como sendo uma construção vertical utilizada em ambientes internos e sem função estrutural.

A NBR 11685 [ABNT, 1990a], referente às terminologias das divisórias leves internas moduladas, define-a como sendo um *“elemento construtivo que separa os espaços internos de uma edificação, compartimentando e ou definindo ambientes, estendendo-se do piso ao forro ou teto, sendo constituído por painéis modulares e seus componentes, com massa não superior a 60 kg/m²”*.

Pelas definições da norma britânica e da norma brasileira, percebe-se que a vedação de gesso acartonado insere-se no conceito de divisória leve, mas não pode ser definida como um elemento modular, pois as chapas de gesso não se enquadram no conceito de painel modular¹.

Dessa forma, pode-se dizer que **a norma brasileira referente às divisórias leves internas moduladas não se aplicam às divisórias de gesso acartonado, mas pode servir como balizador quando da elaboração de uma norma específica.**

O termo ***drywall***, por sua vez, é empregado usualmente nos Estados Unidos e vem sendo utilizado no Brasil para se referir às divisórias de gesso acartonado.

¹ Segundo a NBR 11685 [ABNT, 1990a], módulo é um conjunto homogêneo de componentes que formam uma unidade básica da divisória leve interna modulada.

Segundo STEIN [1980], *drywall* refere-se aos componentes de fechamento que são empregados na construção a seco e que têm como principal função a compartimentação e separação de ambientes internos de edifícios, podendo ser compostos, por exemplo, por chapas de gesso acartonado ou chapas de madeira compensada.

Não deve ser confundido com o termo ***drywall construction***, que se refere à construção executada a seco, ao contrário do que ocorre quando se utiliza argamassa, por exemplo. No *drywall construction*, os materiais utilizados encontram-se geralmente sob a forma de chapas ou painéis [STEIN, 1980].

Cabe salientar, porém, que o termo *drywall*, nos Estados Unidos, muitas vezes é empregado na linguagem corrente para se referir à vedação vertical de chapas de gesso acartonado.

No Brasil, esse termo teve sua divulgação com a criação da empresa “Drywall Tecnologia de Paredes e Forros Ltda.”, no ano de 1994, que comercializava seus produtos como “*drywall*” [SABBATINI, 1998a].

Atualmente no Brasil *drywall* é marca registrada da empresa Lafarge Gypsum e não deve ser empregado ao se referir às vedações verticais de gesso acartonado pois, como visto anteriormente, esse termo refere-se aos componentes de fechamento utilizados na construção a seco, sendo as chapas de gesso acartonado somente um dos vários tipos de *drywall*.

2.2 Classificação das Vedações Verticais Internas

As vedações verticais internas são aquelas constituídas por elementos que subdividem o volume interno do edifício, compartimentando-o em vários ambientes [ELDER; VANDENBERG, 1977].

Diferentes critérios podem ser adotados para classificar as vedações verticais internas, sendo que, ao propor classificá-las segundo algum critério, procura-se agrupar os diversos tipos existentes, de acordo com sua natureza comum. A partir dessas classificações, torna-se mais fácil a distinção entre um tipo e outro de vedação vertical, auxiliando na escolha da mesma.

SABBATINI et al. [1988], por exemplo, propõem uma classificação quanto à capacidade de suporte, que é condicionada pela resistência mecânica da vedação vertical. Neste caso, pode-se classificar em:

- resistente: vedação que possui função estrutural, além da função de compartimentação, como a alvenaria estrutural, por exemplo;
- auto portante: vedação empregada unicamente com a função de compartimentação de ambientes, como por exemplo a alvenaria de blocos de vedação.

No caso das vedações de gesso acartonado, essas constituem-se em vedação auto portante, pois seus componentes não possuem resistência para suportar as cargas provenientes dos elementos estruturais do edifício.

Uma outra classificação, proposta por ELDER; VANDENBERG [1977] subdivide as vedações verticais quanto à mobilidade, podendo ser:

- fixa: esse tipo de vedação geralmente necessita de acabamentos complementares e, em caso de modificações posteriores à execução, os elementos constituintes são difíceis ou impossíveis de recuperar, como é o caso das paredes maciças moldadas *in loco*, por exemplo;
- desmontável: vedação que, quando desmontada, sofre pouca ou nenhuma degradação e podem ou não necessitar de algumas peças para a remontagem, como os painéis tipo “sanduíche”, por exemplo;
- móvel: vedação que pode ser removida de um local para outro sem que haja a necessidade de desmontar ou degradar seus componentes. Um exemplo desse tipo de vedação são os biombos.

Com relação à vedação de gesso acartonado, há a necessidade de desmontar alguns de seus componentes caso se deseje removê-la, sendo possível aproveitar as chapas de gesso e os perfis metálicos, quando esses são desmontados adequadamente e com os equipamentos e ferramentas apropriados. Dessa forma, pode-se afirmar que, quanto à mobilidade, esse tipo de vedação pode ser classificada como desmontável.

As vedações verticais podem ser classificadas também quanto à sua densidade superficial. Essa característica influencia no dimensionamento das cargas das fundações e, eventualmente, das estruturas. Além disso, alteram o método construtivo e definem o uso ou não de equipamentos de transporte. Quanto à densidade superficial, as vedações podem ser:

- leves: segundo a norma brasileira NBR 11685 [ABNT, 1990a] as vedações leves são aquelas cuja densidade superficial é inferior a 60 kg/m^2 . Esses

tipos de vedações, as quais incluem as paredes de bloco de concreto celular autoclavado, não têm função estrutural, de modo que não tem capacidade de suportar cargas além do seu peso próprio;

- pesada: vedações cuja densidade é superior a 60 kg/m^2 . Nesse caso, a vedação pode ou não auxiliar no desempenho funcional da estrutura do edifício, citando-se como exemplo os painéis de concreto.

No caso das divisórias de gesso acartonado, essas se enquadram no conceito de vedação leve, pois não possuem função estrutural e sua densidade superficial varia de 25 a 45 kg/m^2 , de acordo com as características da divisória [LAFARGE GESSO, 1996; PLACO DO BRASIL,s.d.].

De acordo com as classificações apresentadas, pode-se dizer que a divisória de gesso acartonado constitui-se numa vedação vertical interna, auto portante, desmontável e leve.

SABBATINI [1998a], a partir das diversas classificações da vedação vertical, define as divisórias de gesso acartonado como sendo:

“um tipo de vedação vertical utilizada na compartimentação e separação de espaços internos em edificações, leve, estruturada, fixa ou desmontável, geralmente monolítica, de montagem por acoplamento mecânico e constituída por uma estrutura de perfis metálicos ou de madeira e fechamento de chapas de gesso acartonado”.

A figura 2.1 ilustra uma divisória de gesso acartonado e seus componentes.

FIGURA 2.1: Divisória de gesso acartonado e seus componentes.

2.3 Funções das Vedações Verticais Internas

Para que o edifício como um todo atenda às necessidades dos usuários, é importante que cada um dos vários subsistemas cumpram as suas funções.

No caso das vedações verticais internas, essas, de um modo geral, devem cumprir a função primária de **compartimentação de ambientes** [ELDER; VANDENBERG, 1977].

Além disso, para criar condições de habitabilidade do edifício, devem cumprir também algumas funções secundárias, dentre as quais ELDER; VANDENBERG [1977] destacam:

- auxiliar no controle de ruídos, luz, calor e ventilação do ambiente;
- servir de suporte e proteção às instalações do edifício;
- servir de proteção dos equipamentos de utilização do edifício;
- suprir a função estrutural do edifício, ou parte dessa função.

Dentre as funções apresentadas, as divisórias de gesso acartonado devem cumprir todas elas, exceto aquela relacionada à função estrutural do edifício pois, segundo SABBATINI [1998a], devido à baixa rigidez e à maior resiliência dessas divisórias, pode-se considerar que essas não contraventam os elementos estruturais.

2.4 Requisitos e Critérios de Desempenho das Vedações Verticais Internas

O edifício e seus subsistemas reagem quando submetidos às condições de exposição, que podem ser ocasionadas por fenômenos de origem natural, pela utilização do edifício ou mesmo pela sua própria concepção [SOUZA, 1983].

Nesse sentido, visando satisfazer as necessidades dos usuários durante o período de utilização do edifício, deve haver um equilíbrio dinâmico entre o

edifício e o seu meio. O resultado desse equilíbrio dinâmico é denominado **desempenho** do produto [SOUZA, 1983].

SOUZA [1983] ressalta ainda que, para a avaliação do desempenho é necessário definir inicialmente os **requisitos de desempenho**, que são as condições **qualitativas** que o edifício e seus subsistemas devem atender quando em utilização.

No caso das vedações verticais internas, os requisitos de desempenho, de acordo com SABBATINI et al. [1988], referem-se à:

- a) isolamento térmico;
- b) resistência e reação ao fogo;
- c) isolamento acústico;
- d) estanqueidade à água e ao vapor d'água; e
- e) desempenho estrutural.

Porém, para que seja possível mensurar o desempenho, avaliando se o produto ou uma de suas partes atendem aos requisitos de desempenho, faz-se necessário estabelecer condições **quantitativas**, denominadas **critérios de desempenho** [SOUZA, 1983].

Observa-se que o cumprimento de requisitos e critérios de desempenho visa sobretudo satisfazer às necessidades dos usuários, garantindo aos mesmos segurança e durabilidade do edifício, bem como condições de habitabilidade.

Dessa forma, o estabelecimento de requisitos e critérios de desempenho constitui-se num balizador fundamental para a elaboração do projeto, além de servir também como parâmetro no caso da utilização de sistemas construtivos inovadores, ou ainda, no caso de ausência de normalização de componentes e elementos de edificação.

Nos próximos itens, serão apresentados e discutidos os requisitos e critérios de desempenho das vedações verticais internas, enfatizando-se o desempenho das divisórias constituídas por chapas de gesso acartonado.

2.4.1 Desempenho térmico

A avaliação do desempenho térmico do edifício consiste em verificar se os cômodos atendem aos requisitos determinados em função das exigências e necessidades dos usuários com relação ao conforto térmico [AKUTSU, 1988].

Porém, há uma dificuldade em se estabelecer esse critério de desempenho, pois o conforto térmico é subjetivo ao ser humano e várias são as grandezas envolvidas que interferem no desempenho térmico do edifício [AKUTSU, 1988].

De um modo geral, pode-se dizer que o ambiente possui conforto térmico quando a temperatura do ambiente é mantida numa faixa de temperatura ideal para o homem², sem variações bruscas.

Com relação à metodologia de avaliação do conforto térmico de edificações, AKUTSU; LOPES [1988] indicam uma maneira simples de determiná-lo. Tal avaliação consiste em analisar a variação de temperatura externa à edificação e a que está ocorrendo no interior da edificação, ao longo de um período pré-estabelecido.

² De acordo com KOENIGSBERGER; MAYHEW [1977], nos países de clima tropical, a temperatura ideal para o conforto térmico do homem situa-se na faixa de 22° a 27°C.

Percebe-se que o nível de conforto térmico do edifício é influenciado pelas vedações verticais externas, uma vez que esse subsistema isola o edifício do meio externo.

Em se tratando do desempenho térmico das divisórias de chapas de gesso acartonado, não há estudos no Brasil contemplando tal assunto. Mesmo em outros países, desconhece-se análise desse requisito de desempenho para o referido sistema de vedação, observando-se uma maior preocupação com os elementos que envolvem principalmente as fachadas do edifício.

2.4.2 Resistência e reação ao fogo

A resistência ao fogo pode ser entendida como *“o tempo durante o qual os elementos da construção, sujeitos a uma elevação padronizada de temperatura, mantém a sua estabilidade ou integridade, não permitindo, no caso de elementos separadores de ambientes, a elevação acentuada de temperatura no lado não exposto ao fogo, nem a passagem de gases quentes ou chamas”* [BERTO, 1988].

Segundo a definição acima, percebe-se que o estabelecimento de critérios de desempenho referentes à resistência ao fogo no edifício tem como intuito limitar uma possível influência de seus componentes e elementos constituintes na alimentação e propagação de um foco de incêndio, através da garantia de que os elementos possuam uma resistência mínima ao fogo.

Uma vez que a exigência fundamental quanto a esse requisito de desempenho é a preservação da vida humana, considera-se importante também a avaliação dos elementos quanto à reação ao fogo, que é a capacidade do elemento na

propagação superficial de chama e no desenvolvimento de gases tóxicos quando submetidos à ação do fogo [KATO et al., 1988].

Nas avaliações de resistência e reação ao fogo, SOUZA; MITIDIERI FILHO [1988] destacam a necessidade de se considerar também o projeto do edifício, verificando, por exemplo, se as disposições construtivas foram concebidas de modo a evitar a propagação do fogo entre os compartimentos do edifício e entre edifícios.

A análise das características do projeto do edifício, bem como de seus materiais e componentes, de fato, não pode ser desprezada na avaliação do desempenho ao fogo, uma vez que são vários os fatores que influenciam o comportamento do incêndio, dentre os quais BERTO [1988] destaca:

- ventilação do ambiente;
- características geométricas do recinto;
- quantidade, tipo e distribuição dos materiais combustíveis no interior do recinto;
- porosidade e forma dos materiais combustíveis;
- características térmicas dos materiais constituintes do recinto.

Com relação à metodologia de ensaio de resistência ao fogo, BERTO [1988] salienta que os seguintes requisitos de desempenho devem ser avaliados:

- **estabilidade:** aplicável a elementos que possuem função estrutural. O corpo de prova é considerado estável quando, sob efeito de carregamentos

que simulem as cargas produzidas a temperaturas normais e sob a ação do calor produzido pela ação do fogo, não haja deslocamento transversal ou uma ruptura que venha a comprometer o estado limite último ou de utilização do elemento analisado;

- **integridade:** aplicável a elementos que não possuem função estrutural dentro do edifício. O corpo de prova é considerado íntegro quando, durante o transcorrer do ensaio, que inclui a aplicação de choques mecânicos padronizados, não entra em colapso nem apresenta trincas ou deformações excessivas;
- **estanqueidade:** o corpo de prova é considerado estanque quando, durante o ensaio, não apresenta trincas ou aberturas que permitam a passagem de gases quentes ou chamas. A passagem de gases quentes pode ser detectada através da inflamação de um pedaço padronizado de algodão;
- **isolação térmica:** o corpo de prova é considerado satisfatório quanto à isolamento térmica quando não apresenta, na face não exposta ao fogo, um aumento de temperatura média superior a 140°C e aumento de temperatura em qualquer outro ponto superior a 180°C em relação à temperatura ambiente.

O resultado do ensaio é expresso pelo tempo durante o qual o corpo de prova satisfaz cada um dos itens avaliados.

Quanto ao critério de desempenho, apresenta-se na tabela 2.1 os valores regulamentados na legislação estadual de São Paulo, através do Decreto Estadual nº 38.069 de 14/12/1993 [SÃO PAULO, 1993].

TABELA 2.1: Critérios de resistência ao fogo, segundo Decreto Estadual 38.069/93 [SÃO PAULO, 1993].

	Resistência ao fogo (minutos)	Aplicação
Paredes de compartimentação	≥ 120	Edificações com área $\geq 750\text{m}^2$
Paredes externas	≥ 120	Edificações com área $\geq 750\text{m}^2$ e edificações com área $\leq 750\text{m}^2$ e parede com altura $> 12\text{m}$
Paredes de subdivisão de espaços	≥ 120	Unidades autônomas no mesmo pavimento
Paredes de enclausuramento	≥ 120	Paredes de enclausuramento de escadas, shafts, dutos, monta-cargas, etc.

A norma brasileira NBR 9077 [ABNT, 1993], referente às saídas de emergência em edifícios, apresenta critérios mais rigorosos para algumas situações, como pode ser observado na tabela 2.2.

TABELA 2.2: Critérios de resistência ao fogo, segundo a NBR 9077 [ABNT, 1993].

	Resistência ao fogo (minutos)	Aplicação
Paredes externas	≥ 120	
Paredes de subdivisão de espaços	≥ 120	Isolamento entre unidades autônomas e áreas de uso comum
	≥ 240	Isolamento entre unidades autônomas e áreas de uso comum em edifícios com altura superior a 30m
Paredes de enclausuramento	≥ 120	Enclausuramento de escadas protegidas* e paredes de dutos de saída de ar
	≥ 240	Enclausuramento de escadas à prova de fumaça** e poço de elevador de emergência

* **Escada enclausurada protegida:** escada devidamente ventilada situada em ambiente envolvido por paredes corta fogo e dotada de portas resistentes ao fogo.

** **Escada enclausurada à prova de fumaça:** escada cuja caixa é envolvida por paredes corta fogo e o acesso é por antecâmara igualmente enclausurada, de modo a evitar fogo e fumaça em caso de incêndio.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) realizou o ensaio de resistência ao fogo em alguns tipos de vedações verticais, sendo os resultados apresentados na tabela 2.3.

Analizando-se a tabela, pode-se dizer que a camada de revestimento contribui significativamente para a melhora da resistência ao fogo da vedação vertical.

No caso das alvenarias de blocos de concreto, por exemplo, observa-se que, caso não haja a camada de revestimento, a vedação não atenderá aos critérios de desempenho estabelecidos pela norma brasileira e nem aos critérios determinados pela regulamentação estadual de São Paulo.

Esse fato deve ser levado em consideração pelas construtoras, uma vez que atualmente há uma tendência na redução da espessura do revestimento, visando unicamente à redução do custo.

Quanto aos ensaios de reação ao fogo, esses geralmente não costumam ser realizados e KATO et al. [1988] justificam o fato alegando que a maioria dos materiais de acabamento e mobiliários requerem um nível de energia menor para se ignizar, se comparada à vedação vertical propriamente dita.

Dessa forma, uma avaliação efetiva do critério de reação ao fogo consiste em abordar conjuntamente os vedos e os seus acabamentos constituintes.

Em se tratando do desempenho ao fogo das divisórias de gesso acartonado, o fato do gesso possuir água quimicamente combinada numa quantidade aproximadamente igual a 20% de sua massa contribui para que a divisória

TABELA 2.3: Resultados de ensaios de resistência ao fogo realizado pelo IPT [BERTO, 1988].

Parede ensaiada		Espessura total da parede (cm)	Duração do ensaio (min)	Resultados do Ensaio (horas)			
				Tempo atendimento aos critérios avaliados			Resistência ao fogo
				Integridade	Estanqueidade	Isolação Térmica	
Paredes de tijolos de barro cozido de 1,5 kg (5x10x20 cm)	Meio tijolo s/ revestimento	10	120	≥ 2	≥ 2	1 ½	1 ½
	Um tijolo s/ revestimento	20	395	≥ 6	≥ 6	≥ 6	≥ 6
	Meio tijolo c/ revestimento	15	300	≥ 4	≥ 4	4	4
	Um tijolo c/ revestimento	25	300	≥ 6	≥ 6	≥ 6	≥ 6
Paredes de blocos vazado de concreto (14x19x39cm, 19x19x39cm) massas de 13kg e 17 kg	Bloco de 14 s/ revestimento	14	100	≥ 1 ½	≥ 1 ½	1 ½	1 ½
	Bloco de 19 s/ revestimento	19	120	≥ 2	≥ 2	1 ½	1 ½
	Bloco de 14 c/ revestimento	17	150	≥ 2	≥ 2	2	2
	Bloco de 19 c/ revestimento	22	185	≥ 3	≥ 3	3	3
Paredes tijolo cerâmico oito furos de 2,9 kg (10x20x20cm)	Meio tijolo c/ revestimento	13	150	≥ 2	≥ 2	2	2
	Um tijolo c/ revestimento	23	300	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4
Paredes de concreto armado monolítico s/ revestimento		11.5	150	2	2	1 ½	1 ½
		16	210	3	3	3	3

possa ter um desempenho adequado quando submetido à ação do fogo [FPI, 1976; GA, 1988; GYPSUM DO NORDESTE, s.d.].

Devido a essa característica do gesso, as chapas de gesso acartonado, quando expostas a altas temperaturas, expelem, sob a forma de vapor, a água contida no gesso. Essa expulsão do vapor d'água é um processo gradual, retardando a transmissão do calor [FPI, 1976].

Apesar de exercer influência, o desempenho ao fogo da divisória não depende somente das características das chapas de gesso, mas também dos componentes empregados para a sua execução, como os utilizados para a estruturação da divisória, por exemplo.

Além disso, outros fatores influenciam no desempenho ao fogo da divisória, dentre os quais destacam-se:

- espessura da divisória;
- espaçamento entre os montantes;
- preenchimento ou não da divisória com material isolante;
- número de chapas de gesso acartonado fixadas em cada face da divisória;
- aspectos construtivos: forma de execução do tratamento das juntas entre chapas de gesso, forma de fixação dos montantes às guias, fixação das chapas de gesso acartonado à estrutura suporte, entre outros.

Uma vez que a divisória de gesso acartonado pode ser executada com várias configurações diferentes, é importante conhecer o desempenho de cada uma delas, para que seja empregada a tipologia mais adequada em cada situação.

Nesse contexto, destaca-se o trabalho desenvolvido pela associação americana *Gypsum Association* (GA), que realizou inúmeros ensaios avaliando 87 tipos diferentes de divisórias de gesso acartonado, sendo os resultados divulgados em um manual específico, denominado *Fire Resistance Design Manual* [GA, 1988].

Esse manual pode servir como um balizador ao projetista para indicar o tipo de divisória mais adequado conforme os critérios de desempenho requerido no ambiente.

Porém, esse trabalho contempla sobretudo as divisórias constituídas por chapas de gesso com 15 mm de espessura, que não são as normalmente empregadas nem nos Estados Unidos nem no Brasil.

Geralmente, a divisória é constituída por montantes metálicos de 48 ou 70 mm, cobertos em cada face com uma camada de chapa de gesso de uso comum com espessura de 13 mm.

Tendo em vista ser freqüente a montagem desses tipos de divisórias nos edifícios, a realização de ensaios das mesmas, bem como a divulgação dos seus resultados é fundamental, pois dessa forma é possível saber se a vedação vertical do edifício atende aos critérios de desempenho estabelecidos pelas normas locais.

Em um outro estudo realizado na Inglaterra na década de 70, vários ensaios de resistência ao fogo das divisórias de gesso foram realizados, focando-se principalmente a situação em que as chapas de gesso envolviam a estrutura, com o intuito de protegê-la em caso de incêndio. Os resultados dos ensaios foram divulgados pelo o *Fire Prevention Information and Publications Centre* [FPI, 1976].

Na França, há os ensaios realizados na década de 70 pelo *Centre Scientifique et Technique du Batiment* (CSTB) para alguns fabricantes de chapas de gesso acartonado [CSTB, 1976a; CSTB, 1976b].

No Brasil, o IPT realizou um trabalho similar ao do CSTB, efetuando ensaios para dois fabricantes de chapas de gesso acartonado. Nesses ensaios, foram avaliadas algumas tipologias de divisórias, utilizando-se chapas para uso comum e chapas resistentes ao fogo [IPT, 1997; IPT, 1998].

Apesar dos ensaios terem sido realizados no Brasil, os materiais e componentes das divisórias ensaiadas foram produzidos na França, não tendo a mesma origem dos produtos comercializados aqui por esses fabricantes, de modo que os resultados dos ensaios podem não refletir a realidade das divisórias que estão sendo executadas no país.

Na tabela 2.4 apresenta-se os resultados dos ensaios de resistência ao fogo, realizados pela GA, pelo FPI, pelo CSTB e pelo IPT, para algumas tipologias de divisória de gesso acartonado.

Através dessa tabela, observa-se que, **para atender aos critérios de desempenho estabelecidos pelo Decreto Estadual e pela ABNT, há a**

TABELA 2.4: Resultados de ensaios de resistência ao fogo das divisórias de gesso acartonado [GA, 1988; FPI, 1976; IPT, 1997; IPT, 1998; CSTB, 1976].

Tipologia da divisória	Resistência ao fogo (minutos)				
	GA	FPI*	IPT [1997]	IPT [1998]	CSTB [1976a; 1976b]
a) Divisória com montantes de madeira (90 x 38 mm) espaçados a cada 40 cm , coberta em uma das faces com madeira compensada de 8 mm e chapas de gesso acartonado de 13 mm em outra face, com lã de vidro de 13 mm de espessura entre as duas chapas.	-	30	-	-	-
b) Divisória com montantes de madeira (75 x 50 mm) espaçados a cada 60 cm , coberta com duas camadas de chapas de gesso acartonado de 13 mm em cada uma das faces	-	60	-	-	-
c) Divisória com montantes de madeira (97 x 72 mm) espaçados a cada 60 cm , coberta em cada lado com uma chapa de gesso acartonado de 13 mm de espessura	-	30	-	-	-
d) Divisória com montantes metálicos de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta em cada face com uma chapa de gesso acartonado de uso comum de 13 mm de espessura	-	30	30	30	30
e) Divisória com montantes metálicos de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta em cada face com uma chapa de gesso acartonado resistente ao fogo de 13 mm .	-	-	30	30	60
f) Divisória com montantes metálicos de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta em cada face com duas chapas de gesso acartonado de uso comum de 13 mm .	60	-	60	60	90
g) Divisória com montantes metálicos de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta em cada face com duas chapas de gesso acartonado resistente ao fogo de 13 mm	-	-	60	-	120
h) Divisória com montantes metálicos de 48 mm espaçados a cada 40 cm , coberta em cada face com uma chapa de gesso acartonado de uso comum de 13 mm	-	-	-	30	-
i) Divisória com montantes metálicos de 48 mm espaçados a cada 40 cm , coberta em cada face com uma chapa de gesso acartonado resistente ao fogo de 13 mm .	-	-	-	45	-
j) Divisória com montantes metálicos de 70 mm espaçados a cada 60 cm , coberta em cada face com duas chapas de gesso acartonado de uso comum de 13 mm .	-	-	60	-	-
k) Divisória com montantes metálicos de 70 mm espaçados a cada 60 cm , coberta em cada face com duas chapas de gesso acartonado resistente ao fogo de 13 mm .	120	-	120	-	-

* Os ensaios foram realizados baseando-se na norma britânica BS 476

necessidade de se empregar duas camadas de chapas resistentes ao fogo em cada face da divisória nas vedações que subdividem dois apartamentos, o que não vem sendo atentado nem pelas construtoras nem pelos fabricantes de chapas de gesso.

Com relação à forma de apresentação dos resultados, percebe-se diferenças entre os diversos Institutos de Pesquisa, chegando a variações de até 100%.

Porém, como não é divulgada a metodologia de execução do ensaio, nada se pode concluir sobre tais diferenças.

Além da descrição da metodologia dos ensaios realizados, um outro dado importante que permite uma melhor comparação do desempenho quanto à resistência ao fogo seria apresentar o tempo de atendimento de cada um dos requisitos avaliados.

Através dessas informações, seria possível, por exemplo, analisar se a divisória tipo **"b"** avaliada pelo FPI [1976] apresenta as mesmas características quando submetida ao fogo que a divisória tipo **"j"**, ensaiada pelo IPT [1997].

No caso, ambas as divisórias apresentam características geométricas semelhantes, com espessura do montante de 70 mm e chapa dupla de 13 mm em cada uma das faces. A resistência ao fogo de ambas as divisórias foi de 1 hora. A grande diferença é com relação ao material dos montantes, de madeira no ensaio inglês, e metálicos no ensaio brasileiro.

Se ambos os ensaios tivessem apresentado o tempo em que as divisórias mantiveram a integridade, a estanqueidade e o isolamento térmico, certamente

haveria a possibilidade de se observar as possíveis causas que têm determinado o tempo de resistência ao fogo.

Embora tenha se destacado a importância de avaliar também o desempenho frente à reação ao fogo, desconhece-se no Brasil ensaios que tenham contemplado tal assunto para o caso das divisórias de gesso acartonado.

O FPI [1976] realizou o ensaio de reação ao fogo e descreve que as divisórias produzem uma insignificante quantidade de fumaça, não fornecendo maiores detalhes a respeito desse ensaio e de seu resultado.

O CSTB [1976a, b] também efetuou esse ensaio, avaliando-se somente a chapa de gesso acartonado, que foi classificada como sendo “difícilmente inflamável”.

Ressalta-se novamente que a grande importância da realização dos ensaios consiste em conhecer as características das diferentes tipologias possíveis da divisória, de modo a fornecer subsídios para que as decisões do projeto das vedações verticais sejam embasadas em parâmetros técnicos.

2.4.1 Desempenho acústico

O estabelecimento de requisitos e critérios de desempenho acústico visam limitar o isolamento sonoro de elementos que compartimentam os ambientes do edifício e também os elementos que isolam o edifício do meio externo [SOUZA; MITIDIERI FILHO, 1988].

O atendimento do requisito e critérios de desempenho acústico é fundamental para que sejam garantidos a privacidade e o silêncio para o repouso, o descanso e o lazer dos usuários.

O isolamento sonoro vem sendo um requisito cada vez mais exigido pelos usuários, principalmente aqueles residentes em edifícios definidos como de alto padrão, que querem aliar a maior segurança do edifício contra assaltos com a privacidade de uma casa [BARING, 1998].

O som, segundo HARRIS [1994], é causado por uma variação de pressão existente na atmosfera, sendo capaz de ser detectado pelo ouvido.

Quando o som incide sobre uma determinada superfície, parte dele é refletido, parte é absorvido dentro do material e parte é transmitido através do mesmo. Em princípio, nunca os três fenômenos ocorrem isoladamente. Conforme as características do material, um dos três fenômenos citados anteriormente pode ocorrer com maior evidência, caracterizando o material como refletor, absorvente ou isolante [HARRIS, 1994].

No caso dos edifícios, os sons e ruídos podem ser provenientes de três fontes diferentes: perturbações do meio externo, que incidem no ambiente do edifício por meio das suas fachadas; interferências sonoras internas, que podem "atravessar" a vedação vertical; ou ainda ruídos provenientes de vibrações de máquinas ou equipamentos hidráulicos, transmitidos pela estrutura e pelas vedações verticais do edifício [BARING, 1988].

O indicador de desempenho global de isolamento sonora no Brasil é a Classe de Transmissão de Som Aéreo (CTSA). De acordo com a norma brasileira NBR

11677 [ABNT, 1990b], referente à isolação sonora para divisórias leves internas moduladas, o valor da CTSA é obtido através da comparação entre a curva de índices de redução sonora do elemento ensaiado e a curva padrão de isolação sonora. A CTSA indica, de uma maneira global, a capacidade do elemento de reduzir o nível sonoro entre dois ambientes, dada em decibels (dB).

Na França, segundo a ISOVER SAINT-GOBAIN [1996], os valores exigidos pelas leis locais para isolamento de som aéreo em uma residência são apresentados na tabela 2.5.

TABELA 2.5: Valores de isolamento de som aéreo exigidos pelo código de construção e habitação da França [ISOVER SAINT-GOBAIN, 1996].

Ambiente emissor	Ambiente receptor	Isolamento sonoro (dB)
Quarto, sala, cozinha, banheiro	Quarto, sala	≥ 54
Quarto, sala, cozinha, banheiro	Cozinha, banheiro	≥ 51
Circulação comum com porta	Quarto, sala	≥ 41
Circulação comum com porta	Cozinha, banheiro	≥ 38
Circulação comum	Quarto, sala	≥ 54
Circulação comum	Cozinha, banheiro	≥ 51

No Brasil, não há normalização estabelecendo critérios de desempenho acústico nas edificações. As normas existentes apenas determinam o nível de emissão de ruído para cada tipo de edificação, bem como o critério básico de ruído externo para áreas habitadas, sempre visando ao conforto acústico dos usuários [ABNT, 1987a; ABNT, 1987b].

O IPT propõe alguns critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social. No caso do desempenho acústico, a parede comum a duas casas geminadas ou o conjunto de elementos parede comum/forro passante em casas geminadas, quando separam cômodos que seja dormitório ou sala de estar, deve proporcionar isolamento sonoro bruto igual ou superior a 45 dB. [IPT, s.d.].

O IPT ressalta que esse valor não deve ser confundido com a CTSA, que é determinada em laboratório e exclusivamente para um componente ou elemento construtivo, enquanto o isolamento sonoro bruto é determinado na própria habitação ou no protótipo, compreendendo não só a parede, mas também os demais elementos e componentes que integram o contorno do recinto, como portas, forros e pisos.

No caso da avaliação das vedações verticais internas entre habitações contíguas de edifícios, o IPT recomenda um isolamento sonoro de pelo menos 50 dB [IPT, 1997; IPT, 1998].

Para o dimensionamento das proteções acústicas, BARING [1998] descreve que se procura enquadrar o edifício em um dos padrões de qualidade acústica, podendo ser da “Classe A” ou da “Classe B”. Os critérios de desempenho que o edifício deve atender em cada um desses padrões são:

- Classe A: os edifícios que possuem qualidade acústica nesse padrão possuem um conforto acústico maior que os de Classe “B”. As fachadas devem possuir CTSA não inferior a 45 dB; as janelas, por sua vez, devem possuir CTSA aproximadamente de 30 dB e as paredes que separam duas

unidades distintas devem ter CTSA de aproximadamente 50 dB. No caso das vedações internas de uma mesma unidade, recomenda-se um valor mínimo de 45 dB entre vedações que separam dois dormitórios, ou entre dormitório e sala de estar. Ressalta-se que nessa situação não são aceitáveis que sejam perceptíveis os ruídos provenientes de elevadores, bombas de recalque e ar condicionado central.

- Classe B: reúne a grande maioria dos edifícios comerciais e residenciais. Esses edifícios geralmente possuem um desempenho acústico insatisfatório quando localizados em regiões urbanas com muito barulho. Nas fachadas, a CTSA é da ordem de 35 dB e, nas janelas, a CTSA é de apenas 15 dB. Em paredes que dividem duas unidades distintas, a CTSA é de 45 dB, e geralmente não são realizadas ações para se evitar o ruído de equipamentos elétricos e hidráulicos;

Quanto ao emprego de divisórias em ambientes internos, a NBR 11677 [ABNT, 1990b] ressalta que, quando a CTSA requerida para a divisória não for alcançada, pode-se admitir uma redução no seu valor de até cinco unidades, desde que a divisória não comprometa a privacidade entre os ambientes.

Cabe destacar que essa norma não fixa valores de CTSA entre divisórias, e as condições para a obtenção de um desempenho acústico aceitável são bastante subjetivas, de modo que cuidados devem ser tomados desde a fase de concepção do edifício até a sua execução, para evitar o aparecimento de problemas na fase de utilização.

No caso das divisórias de gesso acartonado, a BS 8212 [BSI, 1995] prescreve que a divisória separativa de apartamentos deve ter no mínimo duas camadas de chapas de gesso em cada uma de suas faces e deve ser preenchida com isolante acústico com espessura superior a 50 mm. Além disso, as aberturas e todo o perímetro da divisória devem estar selados, para impedir a passagem do som através das frestas.

Percebe-se que são vários os fatores que influenciam no desempenho acústico da divisória, dentre os quais se destacam:

- espessura das chapas de gesso;
- número de chapas de gesso em cada face da divisória;
- emprego ou não de isolante acústico;
- características do isolante acústico;
- existência ou não de aberturas ou frestas na divisória.

Muitos ensaios foram realizados avaliando-se o desempenho acústico das divisórias, destacando-se as pesquisas realizadas nos Estados Unidos pela Gypsum Association [GA, 1988] e pelo fabricante de chapas de gesso National Gypsum [NG, 1996].

Na França, destaca-se o trabalho desenvolvido pelo CSTB, que efetuou ensaios de desempenho acústico para três fabricantes de chapas de gesso, avaliando vários tipos de divisórias [CSTB, 1976a; CSTB, 1976b; CSTB, 1996].

No Brasil, há o trabalho desenvolvido pelo IPT para dois fabricantes de chapas de gesso [IPT, 1997; IPT, 1998] e há também um estudo de desempenho acústico realizado pela Pontífica Universidade Católica do Paraná (PUC) para uma construtora de Curitiba [PUC, 1996].

Os resultados desses ensaios são mostrados nas tabelas 2.6 e 2.7. Na primeira apresentam-se os resultados das divisórias sem o uso de isolante acústico e, na segunda, com o emprego do isolante acústico.

Analisando as tabelas, percebe-se que as grandes melhorias no desempenho acústico da divisória são obtidas através do emprego de isolante acústico e também do acréscimo de mais uma camada de chapa de gesso.

Visto que as divisórias de gesso acartonado podem ser executadas segundo diversas configurações, deve-se conhecer o desempenho acústico de cada tipologia, para que suas características sejam especificadas corretamente na etapa de projeto, a fim de obter o desempenho desejado.

Tal atividade é extremamente importante, pois os usuários vêm se tornando mais exigentes e muitos edifícios não têm apresentado desempenho acústico satisfatório.

BARING [1998], analisando tais deficiências, detectou os principais motivos que vêm comprometendo a privacidade entre os ambientes:

- a) uso de dispositivos de ventilação;
- b) interrupção das vedações verticais sob forros leves;

TABELA 2.6: Resultados de ensaios de desempenho acústico das divisórias de gesso acartonado [IPT, 1997; IPT, 1998; GA, 1988; NGC, 1996; CSTB 1976a, CSTB 1976b].

Tipologia da divisória	Isolamento Sonoro (dB)						
	IPT [1997]	IPT [1998]	PUC [1996]	GA [1988]	NGC [1996]	CSTB [1976a]	CSTB [1976b]
a) Divisória com montantes metálicos de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com uma chapa de gesso acartonado de 13 mm em ambas as faces da divisória.	37	36	39,5	-	-	37	36
b) Divisória com montantes metálicos de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com duas chapas de gesso acartonado de 13 mm em cada uma das faces da divisória.	44	42	46,8	45 a 49	45	45	43
c) Divisória com montantes metálicos de 48 mm espaçados a cada 40 cm , coberta com uma chapa de gesso acartonado de 13 mm em cada uma das faces da divisória	-	36	-	-	-	-	-
d) Divisória com montantes metálicos de 70 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com duas chapas de gesso acartonado de 13 mm em cada uma das faces da divisória	-	-	-	45 a 49	46	-	-

TABELA 2.7: Resultados de ensaios de desempenho acústico das divisórias de gesso acartonado com o emprego de isolante acústico [IPT, 1997; IPT, 1998; GA, 1988; NGC, 1996; CSTB 1976a, CSTB 1976b].

Tipologia da divisória	Isolamento Sonoro (dB)						
	IPT [1997] ⁽¹⁾	IPT [1998] ⁽¹⁾	PUC ⁽²⁾	GA ⁽³⁾	NGC ⁽⁴⁾	CSTB [1976a] ⁽⁵⁾	CSTB [1976b] ⁽⁵⁾
a) Divisória com montantes metálicos de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com uma chapa de gesso acartonado de 13 mm em ambas as faces da divisória.	44	43	43,5	-	-	42	42
b) Divisória com montantes metálicos de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com duas chapas de gesso acartonado de 13 mm em cada uma das faces da divisória.	50	49/50	50	50 a 54	-	50	49
c) Divisória com montantes metálicos de 48 mm espaçados a cada 40 cm , coberta com uma chapa de gesso acartonado de 13 mm em cada uma das faces da divisória	-	43	-	-	-	-	-
d) Divisória com montantes metálicos de 70 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com uma chapa de gesso acartonado de 13 mm em cada uma das faces da divisória	-	-	-	45 a 49	45	-	-
e) Divisória com montantes metálicos de 70 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com duas chapas de gesso acartonado de 13 mm em cada uma das faces da divisória	61	-	-	50 a 54	53	-	-
f) Divisória com montantes metálicos de 90 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com uma chapa de gesso acartonado de 13 mm em cada uma das faces da divisória	-	-	-	-	45	-	-

(1) Lã de vidro com 50 mm de espessura e densidade de 16 kg/m³

(2) Lã de vidro com 90 mm de espessura e densidade de 45 kg/m³

(3) Lã de vidro com 30 mm de espessura e densidade não especificada

(4) Lã de vidro com 76 mm de espessura e densidade não especificada

(5) Nos resultados divulgados pelo CSTB não foram especificadas as características do isolante acústico

- c) acabamento com frestas junto ao teto, junto ao piso e nas junções entre chapas.

Pode-se citar ainda os problemas de desempenho acústico causados quando do funcionamento das instalações hidráulicas e sanitárias das edificações, que atualmente também vem ocasionando um grande desconforto acústico.

2.4.3.1 Uso de dispositivos de ventilação

O uso de dispositivos de ventilação que comprometem o desempenho acústico é freqüente, principalmente em ambientes comerciais.

Nesses locais, BARING [1998] destaca ser comum o emprego de divisórias com venezianas de vidro para ventilação e emprego de grelhas junto ao teto, nas paredes ou nas portas, as quais permitem que o som gerado em um ambiente seja levado a outro, servindo como uma passagem não somente de ventilação, como também do som.

Porém, esse problema não se restringe somente aos edifícios de uso comercial, ocorrendo também em edifícios residenciais, devido ao uso, por exemplo, de aquecedores, sistema de ventilação de banheiros e exaustores de cozinhas.

HARRIS [1994], analisando o desconforto acústico proveniente dos sistemas de ventilação, atribui essa situação à ocorrência de vibrações nas vedações verticais quando do seu funcionamento. Alguns sistemas de ventilação produzem ruídos numa faixa de baixas freqüências, causando vibrações de 10 a 20 dB acima do limiar da percepção humana. Essa situação é bastante

perceptível principalmente em divisórias leves, como é o caso das divisórias de chapas de gesso acartonado.

Nesse caso, o autor recomenda a utilização de aparelhos que não emitam ruídos acima de 70 dB, pois a emissão de ruídos acima dessa intensidade ocasionará a vibração na divisória.

2.4.3.2 Interrupção das vedações verticais sob forros leves

Essa situação é bastante freqüente em edifícios comerciais, onde a vedação vertical termina na face inferior do forro. Geralmente há um espaço entre o forro e a laje, que é utilizado para passagem de instalações.

BARING [1998] ressalta que os forros freqüentemente utilizados são aqueles projetados para que o som gerado num ambiente passe para uma camada acima do forro, onde há mantas de materiais absorventes sonoros.

Esses materiais, porém, absorvem somente uma certa quantidade do som que recebem, sendo que a quantidade absorvida depende dos constituintes do som serem graves, médios ou agudos. Dessa forma, o som, que teve sua intensidade reduzida, incide sobre a laje do pavimento superior e reflete numa trajetória descendente, passando novamente pelo forro. Apesar da intensidade estar reduzida, o autor ressalta que o som ainda pode estar perfeitamente audível, podendo incidir sobre o próprio ambiente em que foi gerado, ou para um outro ambiente. A figura 2.2 ilustra a forma como o som é transmitido de um ambiente a outro.

FIGURA 2.1: Transmisso do som de um ambiente a outro atravs do forro.

HARRIS [1994] apresenta alguns estudos que foram realizados abordando de forma detalhada a ocorrncia desse tipo de problema. Porm, apesar desse comportamento interferir no desempenho acstico do edifcio, sendo importante lev-lo em considerao durante a elaborao do projeto, esse no ser explorado neste trabalho, uma vez que o enfoque dirigido s vedaes verticais do edifcio.

2.4.3.3 Acabamentos das frestas no encontro vedao vertical/forro; vedao vertical/piso e entre vedaes verticais

Uma vez que o ar um dos meios para a passagem do som, a execuo da vedao vertical cujas juntas no estejam perfeitamente vedadas pode servir como um acesso passagem do som de um ambiente a outro.

Essas juntas podem ser referentes s frestas sob rodaps, no encontro da vedao vertical com o forro e, no caso de divisrias, no encontro entre as chapas de gesso e entre as vedaes verticais.

A questão das frestas servindo como passagem para sons foi estudada por PERREAULT [1998] no Canadá, o qual concluiu que os principais motivos para tal ocorrência são:

- desconhecimento do problema e das soluções adequadas;
- descuido e negligência durante o processo de execução;
- rapidez na execução, suprimindo a etapa de vedação das juntas.

No caso da alvenaria, BARING [1998] alerta que a utilização de juntas secas, juntamente com o emprego de uma camada de revestimento muito fino, vêm comprometendo o desempenho acústico do edifício como um todo.

Nas divisórias de gesso acartonado, as chapas de gesso constituem-se no principal componente que impede a passagem do som. As juntas entre as chapas devem ser devidamente vedadas com fita e massa adequadas, sendo esses materiais detalhados no item 3.1.4 do presente trabalho.

Além disso, os encontros entre divisória/piso e divisória/forro também devem ser vedados, para que tais aberturas não sirvam de passagem do som para outros ambientes, como recomendam o manual da GYPSUM ASSOCIATION [GA, 1988] e o CSTB [1981]. Algumas das soluções para as vedações dessas frestas são apresentadas na figura 2.3.

No Brasil, observando-se as obras nas quais estão sendo utilizadas divisórias de gesso acartonado, percebe-se que as guias são fixadas diretamente no piso e no teto, e as aberturas resultantes do encontro entre a chapa de gesso e o

piso são escondidas com rodapé, sendo notada a mesma situação no encontro da divisória com o forro.

FIGURA 2.2: Detalhes de acabamento nas frestas [GA, 1981; CSTB, 1981].

No caso das divisórias leves, um outro problema a ser observado é com relação às aberturas provenientes do embutimento de caixas elétricas e saídas das tubulações. Nesse caso, a GYPSUM ASSOCIATION [GA, 1988] recomenda selar o entorno das aberturas com material específico ou utilizar absorvente acústico no interior da divisória.

No Brasil, sabe-se que alguns fabricantes de chapas de gesso acartonado estão comercializando fita isolante acústica a ser empregada no encontro entre a divisória e o piso e também entre a divisória e o teto. Porém, pouca atenção tem sido dispensada para esse assunto e muitos construtores desconhecem a

existência desse componente, bem como os problemas decorrentes da falta de uma adequada vedação das aberturas.

Tal situação poderá levar a uma insatisfação dos usuários do edifício, que podem associar a divisória a um produto com mau desempenho acústico, podendo comprometer, inclusive, o crescimento desse mercado, ainda em expansão.

2.4.3.4 Ruídos provenientes do funcionamento das instalações hidráulicas e sanitárias

Nos edifícios, é comum ouvir ruídos provenientes do funcionamento das instalações hidráulicas e ou sanitárias, gerando desconforto acústico.

No Canadá, a partir do início desta década, foram feitos alguns estudos abordando a eficiência de se envolver as tubulações hidráulicas com isolante acústico, avaliando-se o desempenho dessa solução em divisórias de gesso acartonado, que constitui o sistema de vedação tradicional nesse país [BENIDICKSON, 1998].

O autor destaca que, a partir desse estudo, tanto os arquitetos como os construtores do Canadá têm sido alertados sobre a necessidade do controle de ruído gerado pelas tubulações hidro-sanitárias, sendo aconselhados a envolverem as tubulações com isolante acústico quando essas ficam em contato com elementos estruturais, para reduzir o efeito da vibração das tubulações.

Da mesma forma que BENIDICKSON [1998], HARRIS [1994] destaca que a situação ideal é a que todas as tubulações estejam envolvidas com isolante acústico quando em contato direto com elemento estrutural, divisória ou parede do edifício. Como material isolante, pode-se utilizar neoprene ou lã de vidro com pelo menos 6 mm de espessura, não devendo esquecer também de calafetar o perímetro das tubulações e registros que penetram nas vedações verticais e horizontais.

Para as divisórias de gesso acartonado, tanto BENIDICKSON [1998] quanto HARRIS [1994] recomendam envolver a tubulação com material isolante pelo menos na região que fica em contato com os montantes da divisória.

Porém, estudos no Canadá detectaram que a forma de fixação da tubulação na vedação vertical também exerce influência no desempenho acústico.

BENIDICKSON [1998] descreve que, se uma tubulação estiver envolvida com isolante acústico e não for fixada rigidamente, pode-se obter uma redução de até 20 dB. Por outro lado, se a tubulação for fixada rigidamente, obtém-se uma redução de apenas 1 a 2 dB, mesmo que a tubulação esteja envolvida com isolante acústico.

No Brasil, não se tem observado, de um modo geral, qualquer preocupação a respeito da redução de ruídos provenientes do funcionamento das instalações hidro-sanitárias.

Em apenas uma obra visitada, observou-se uma preocupação a esse respeito por parte do construtor, que envolvia as tubulações do shaft com lã de vidro. Porém, nessa mesma obra, as tubulações, tanto de água fria e esgoto (PVC)

como de água quente (cobre), eram fixadas de forma rígida e, como visto anteriormente, certamente não haverá uma redução significativa dos ruídos provenientes das instalações hidro-sanitárias.

Além dos ruídos provenientes das tubulações, deve-se tomar o cuidado também com os componentes e os equipamentos que são conectados às tubulações hidro-sanitárias.

Com relação a esse aspecto, HARRIS [1994], discorrendo sobre o incômodo provocado pelos ruídos gerados com o uso das instalações hidro-sanitárias, classifica alguns componentes e equipamentos hidráulicos e sanitários de acordo com o grau de desconforto que esses causam. Dentre os vários itens abordados, apresenta-se na tabela 2.8 aqueles que foram classificados como de “significante grau de desconforto”, que são os que produzem maior ruído.

TABELA 2.8: Componentes e equipamentos hidráulicos que apresentam ruído com elevado grau de desconforto acústico [HARRIS, 1994].

Componente / equipamento	Mecanismo de geração de ruído	Potencial de aborrecimento
Banheira	Cavitação, turbulência, saída da água pelo ralo	Muito significativa
Esguicho	Cavitação, turbulência	Significativa
Chuveiro / ducha	Cavitação, turbulência	Significativa
Pia	Cavitação, turbulência, saída da água pelo ralo	Significativa
Válvula	Cavitação, turbulência	Significativa
Bacia sanitária	Cavitação, turbulência, saída de água	Muito significativa
Máquina de lavar louça	Vibração, cavitação, golpe de Ariete	Muito significativa
Máquina de lavar roupa	Vibração, cavitação, golpe de Ariete	Muito significativa

Uma vez conhecidos os equipamentos e componentes que provocam desconforto acústico, bem como o mecanismo de geração de ruídos, deve-se considerá-los na etapa de projeto e procurar as soluções para minimizar e até mesmo eliminar esse problema.

2.4.2 Estanqueidade frente à ação da água e vapor d'água

As vedações verticais podem sofrer a ação da água de diversas maneiras. No caso das vedações verticais internas, as atenções devem se voltar principalmente aos ambientes molháveis, como banheiro e cozinha, onde sofrem a ação da água através de operações de limpeza ou de utilização.

Estudos realizados por ALUCCI et al. [1988] detectaram que os maiores problemas em áreas molháveis referem-se a falhas em pinturas impermeabilizantes, nos rejuntamentos de azulejos, na junção entre parede e piso, sendo tais problemas observados com maior frequência na parte inferior das vedações do box do banheiro.

No caso das paredes de alvenaria, essas são constituídas por materiais porosos e a interface entre a argamassa e o bloco constitui num ponto suscetível à penetração da água [SABBATINI et al., 1988].

A resistência à penetração da água nas alvenarias deve, portanto, ser garantida através da aplicação de camadas de revestimento, como argamassa e placas cerâmicas, além de detalhes construtivos que visem à minimização dos efeitos da ação da água sobre a parede.

No caso das divisórias, devem ser empregados componentes adequados que resistam à ação da água, ou seja, a divisória deve manter-se estanque e seus componentes não devem danificar quando submetidos à ação da água.

O IPT [s.d.] estabelece um critério visando à estanqueidade da vedação vertical interna. Segundo esse critério, as vedações internas em contato com áreas molháveis da edificação não devem possibilitar a infiltração de água através de suas faces e, quando submetida à presença de água durante 24 horas seguidas, a quantidade de água que penetra no elemento construtivo não deve ser superior a 3 cm^3 numa área de $34 \times 16 \text{ cm}$.

A norma brasileira NBR 11679 [ABNT, 1990c] especifica um ensaio para a verificação da estanqueidade da divisória quando da lavagem de piso.

Para a realização desse ensaio, deve-se montar a divisória com as características apresentadas na figura 2.4. O corpo de prova deve ter obrigatoriamente uma junta vertical, que deve estar localizada no seu ponto médio.

Uma vez montada a divisória sobre o piso, deve-se então encostar uma peça metálica na divisória. Essa peça, em formato de “U”, deve possuir altura de 50 mm, 150 mm de largura e comprimento de 500 mm, devendo ser vedada com mástique elastomérico em toda a face que entra em contato com o piso e também com o corpo de prova.

O corpo de prova é então submetido à ação de uma lâmina de água de 10 mm de altura durante 24 horas. Após esse período, deve-se observar a face da divisória e o piso situados do lado oposto da lâmina de água. Para ser

considerado satisfatório, os elementos observados não devem apresentar manchas de umidade e vazamentos.

FIGURA 2.3: Características do corpo de prova do ensaio de estanqueidade da divisória segundo a NBR 11679 [ABNT, 1990c].

A norma brasileira recomenda também a realização de ensaios para a avaliação da resistência à água dos componentes de fechamento das divisórias.

Tal ensaio, descrito na NBR 11676 [ABNT, 1990d], consiste em colocar o componente de fechamento da divisória, apoiado em calços, imerso na água numa altura de 20 mm a partir da borda inferior do painel durante um período de 8 horas consecutivas. Deve-se tomar o cuidado para que a borda inferior do painel não entre em contato com o fundo do recipiente e a área de apoio dos calços não ultrapasse 5% da área da borda inferior do painel. Completado o período de imersão, retirar o corpo de prova da água e conservá-lo por 48 h na

mesma posição em que esteve mergulhado, para permitir a aeração da borda que esteve imersa.

Decorrido esse período, medir a espessura do componente, as extensões das eventuais delaminações e as extensões das eventuais fissuras.

Segundo a NBR 11681 [ABNT, 1990e], os componentes de fechamento, quando submetidos à ação da água, não devem apresentar:

- aumento de espessura superior a 10%;
- descolamentos ou delaminações, cuja somatória das extensões seja superior a 10% da largura efetiva;
- fissuras verticais com extensão superior a 10 mm.

Na ausência de normalização nacional específica para as divisórias de gesso acartonado, acredita-se a avaliação da sua estanqueidade pode ser realizada de acordo com a NBR 11679, uma vez que as normas estrangeiras referentes ao assunto têm focado somente o comportamento das chapas de gesso frente a ação da água.

No caso da norma americana, a ASTM C 630 [ASTM, 1993a], por exemplo, aborda-se o desempenho das chapas de gesso quando imersas em água, estabelecendo-se as tolerâncias para a quantidade de absorção de água das chapas e também os índices de absorção de água do cartão das chapas de gesso. Essa norma é específica para as chapas de gesso resistentes à água (*Water Resistant Gypsum Board*), sendo esse componente descrito no item 3.1.1.3 do presente trabalho.

O ensaio de imersão, descrito na ASTM C 473 [ASTM, 1995a], procura avaliar a capacidade da camada de gesso do componente de fechamento em resistir à penetração da água. O ensaio consiste em submeter no mínimo três corpos de prova de 305 x 305 mm e mantê-los imersos em água com temperatura constante de $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$. A água deve recobrir os corpos de prova, na posição horizontal, em 25,4 mm acima do topo dos mesmos. Após duas horas, remover os corpos de prova, secando-os e pesando-os.

De acordo com a ASTM C 630 [ASTM, 1993a], os corpos de prova, após a realização do ensaio de imersão, não devem ter sua massa aumentada em mais de 5%.

Na norma americana ASTM C 473 [ASTM, 1995a], descreve-se também o ensaio para avaliar a capacidade do cartão das chapas, que deve ser hidrofugante, em resistir à penetração da água. Deve-se utilizar pelo menos três corpos de prova de 127 x 127 mm. Coloca-se então os corpos de prova em um anel estanque de 100 cm^2 de área (*Cobb Tester*). Preenche-se então o anel com água, até atingir uma altura de 25,4 mm acima dos corpos de prova.

Após duas horas, retiram-se as amostras de dentro do anel, remove-se o excesso de água, pesando-as em seguida. Segundo a norma, o corpo de prova não pode ter absorvido mais que 1,6 g de água.

Acredita-se que um ensaio complementar, avaliando também o comportamento da divisória, e não somente de um de seus componentes, poderia ser de grande valia, principalmente para se avaliar o comportamento das juntas entre as chapas e a interface da divisória com o piso.

Além disso, cuidados durante a execução devem ser observados. As aberturas para registros, torneiras, chuveiros e outros pontos hidráulicos são pontos suscetíveis à entrada de água. Nesse sentido, a GYPSUM ASSOCIATION [GA, 1986] prescreve que todas as aberturas devem ser vedadas com selantes que resistam à ação da água.

Um outro problema refere-se ao vazamento das instalações hidráulicas e sanitárias. Nas divisórias ocas, essa situação é bastante crítica, pois há a dificuldade de se detectar o ponto de vazamento e, dependendo do tempo em que a chapa de gesso ficou em contato com a água, pode haver a necessidade de trocá-la.

Nas áreas expostas ao vapor da água, como o box do banheiro, deve-se empregar uma camada de proteção sobre a chapa de gesso, sendo comum o emprego de revestimentos cerâmicos [FERGUSON, 1996].

A norma brasileira NBR 11676 [ABNT,1990d] descreve um ensaio para avaliar o componente de fechamento da divisória sob a ação do calor e da umidade, situação essa que ocorre na área de banho, por exemplo.

Para a realização do ensaio, o corpo de prova, obtido do componente de fechamento, deve possuir 500 mm de altura e largura desse componente. Inicialmente devem ser realizadas inspeções visuais para que não haja imperfeição no corpo de prova, como delaminações e ou descolamentos entre as camadas do componente de fechamento, bem como a existência de eventuais fissuras presentes na capa.

Em seguida, medir a espessura do corpo de prova em quatro pontos da borda inferior, sendo que esses pontos devem ser marcados com tinta indelével, para possibilitar a medição dos mesmos pontos posteriormente.

O corpo de prova deve então ser submetido a uma estufa ventilada durante 168 h consecutivas, permanecendo sempre com a altura de 500 mm na posição vertical, obedecendo às seguintes seqüências e condições de temperatura e umidade relativa:

- temperatura de $(25\pm 5)^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa entre 80 e 95% durante 24 hs;
- temperatura de $(50\pm 5)^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas;
- temperatura de $(25\pm 5)^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa entre 80 e 95% durante 72 hs;
- temperatura de $(50\pm 5)^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas.

Após esse período, o corpo de prova deve ser mantido em local coberto e ventilado por mais 48 horas.

O componente de fechamento é considerado como resistente à umidade se atender aos dois critérios da NBR 11681 [ABNT, 1990e], quais sejam:

- não apresentar, após o final do ensaio, descolamento e ou delaminações na borda oposta à seção de corte, cuja somatória das extensões seja superior a 10% da largura efetiva;
- não apresentar, após o final do ensaio, fissuras verticais nas capas a partir da borda oposta à seção de corte, com extensão superior a 10 mm.

Para verificar o comportamento do componente de fechamento sob a ação da umidade, sem considerar a ação do calor, o corpo de prova deve permanecer em uma câmara, com umidade relativa entre 80 e 95%, por um período de 168 horas consecutivas. Durante esse período, o componente deve receber, em uma de suas faces, nebulização com água na temperatura ambiente a cada 24 horas. Essa nebulização deve ser aplicada de modo uniforme a uma quantidade de $0,10 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ de chapa sobre o componente de fechamento, sendo que essa ação deve ser realizada somente após decorridas 70 horas do início do ensaio.

Após a realização do ensaio, deve-se tomar as medidas do corpo de prova, que não devem apresentar variação dimensional superior à preconizada pela NBR 11681 [ABNT, 1990e], os quais estão apresentadas na tabela 2.9.

TABELA 2.9: Tolerância dimensional do componente de fechamento após a realização do ensaio de comportamento sob ação da umidade, segundo a NBR 11681 [ABNT, 1990e].

Dimensões/Desvios	Tolerâncias
Altura	$\pm 5,0 \text{ mm}$
Largura	$\pm 3,0 \text{ mm}$
Espessura	$\pm 2,0 \text{ mm}$
Desvio de esquadro	diferença máxima de 0,30% entre diagonais

Particularmente com relação às chapas de gesso acartonado, a ASTM C 36 [ASTM, 1997] contempla as características das chapas de gesso de uso comum e resistente à água frente à deflexão das mesmas quando submetidas a uma alta taxa de umidade. Porém, o ensaio refere-se ao desempenho das

chapas quando utilizadas como forros, pois o efeito da gravidade pode levar a uma deflexão das chapas, de modo que essas devem possuir características para se situarem dentro das tolerâncias permitidas pela norma americana.

2.4.3 Desempenho estrutural

O desempenho estrutural da vedação vertical está relacionado à sua resistência mecânica, a qual se refere à capacidade da vedação em manter sua integridade física, quando solicitada pelas diversas ações mecânicas previstas em projeto [SABBATINI et al., 1988].

A vedação vertical deve, portanto, possuir desempenho tal que não atinja o estado limite último, nem o estado limite de utilização. O primeiro corresponde à ruína de todo o elemento ou de uma de suas partes, seja por ruptura, deformação excessiva ou perda da estabilidade; e o segundo refere-se ao estado no qual os elementos ou uma de suas partes deixa de satisfazer as condições previstas para sua durabilidade, apresentando por exemplo, fissurações excessivas ou deformações de magnitude tal que ultrapassem os limites aceitáveis para a utilização do elemento [SOUZA; MITIDIERI FILHO, 1988].

A resistência mecânica de um elemento construtivo é influenciado diretamente pela combinação de vários fatores inerentes a esse elemento. No caso das vedações em alvenaria, a resistência mecânica está relacionada aos seguintes fatores, segundo SABBATINI et al. [1988]:

- características do componente de alvenaria;

- características da junta de argamassa;
- resistência de aderência do conjunto;
- espessura e disposição das juntas;
- propriedades geométricas da parede, como coeficiente de esbeltez, área de seção resistente, relação altura/comprimento;
- tipo de fixação da parede de vedação à estrutura.

Em se tratando das divisórias de chapas de gesso acartonado, ainda que não tenham sido realizados estudos aprofundados sobre o seu desempenho estrutural, a partir da experiência acumulada ao longo do desenvolvimento deste trabalho, a autora acredita que os fatores que influenciam na sua resistência são:

- características dos materiais e componentes da divisória;
- características geométricas da divisória;
- forma de fixação das guias superior e inferior;
- resistência de fixação das guias ao elemento construtivo sobre o qual estão firmadas;
- forma de fixação dos montantes às guias;
- espaçamento entre montantes;
- espaçamento dos parafusos e forma de fixação das chapas de gesso à estrutura suporte.

Observa-se que o método construtivo e as características dos materiais e componentes que constituem a vedação vertical são itens que devem ser conhecidos para se compreender melhor o seu comportamento estrutural.

A avaliação do desempenho estrutural da vedação vertical deve compreender várias ações, dentre as quais MITIDIERI FILHO [1998] destaca:

- potencial de deformação da estrutura de concreto;
- cargas de vento;
- puncionamento;
- cargas suspensas; e
- impactos de corpo duro e de corpo mole.

No caso das vedações internas, que constituem o objeto de estudo deste trabalho, as ações devido as cargas de vento podem ser desconsideradas, de modo que nos próximos itens detalha-se somente as ações que influenciam no desempenho estrutural das vedações verticais de ambientes internos.

2.4.5.1 Comportamento frente às deformações da estrutura de concreto

Atualmente o dimensionamento estrutural do edifício dispõe de métodos de cálculo mais avançados, resultando em estruturas com vãos maiores e seções reduzidas, se comparado há algumas décadas atrás. Esse "desenvolvimento" no cálculo tem possibilitado uma maior flexibilidade nos leiautes dos edifícios, principalmente com a utilização de divisórias internas.

Porém, esse aumento dos vãos tem conduzido também a um aumento nas deformações da estrutura. Geralmente, essas deformações não representam um perigo para a estrutura em si, mas podem afetar outros subsistemas, como as instalações e vedações verticais [BÖRTEMARK, 1975].

As afirmações de BÖRTEMARK [1975] convergem com as de SABBATINI et al. [1988] no que se refere à necessidade de se considerar na vedação vertical os esforços originados pelas deformações estruturais, sobretudo as deformações lentas da estrutura, que podem atingir valores consideráveis conforme o partido estrutural adotado.

No caso das vedações em alvenaria, SABBATINI et al. [1988] recomendam duas soluções básicas que podem ser adotadas visando evitar patologias decorrentes de deformações estruturais:

- a) **ligar a alvenaria rigidamente à estrutura** - adotando-se essa solução, todos os esforços e deformações provenientes da estrutura serão transmitidos à alvenaria. É necessário então que a alvenaria seja dimensionada considerando-se o comportamento da estrutura, além de se empregar componentes com resistência mecânica compatível, bem como exercer um controle rígido no processo de produção da vedação;
- b) **evitar a ligação rígida da alvenaria à estrutura** - essa situação tem como objetivo evitar que os esforços provenientes da estrutura sejam transmitidos à alvenaria, procurando-se assim reduzir a probabilidade do aparecimento de fissuras na alvenaria. A adoção dessa solução também demanda cuidados durante o processo de execução.

A influência da deformação da laje sobre paredes de alvenaria foi largamente estudada no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil da Escola Politécnica da USP, destacando-se a pesquisa realizada em convênio com um fabricante de blocos de concreto celular autoclavado, em que vários ensaios foram realizados em laboratório e também em obra [FRANCO et al., 1994].

OLIVEIRA [1995], em sua dissertação de mestrado, pesquisou o desenvolvimento de um painel de gesso reforçado com fibras de vidro a ser utilizado como componente de vedação vertical. Dentre os vários requisitos de desempenho estudados, avaliou-se o comportamento desses painéis frente à deformação de lajes.

O ensaio foi realizado em obra, onde construiu-se divisórias com o painel de gesso no segundo andar de um edifício com estrutura reticulada de concreto armado. Aplicou-se cargas simultaneamente nos pisos do terceiro andar e do segundo andar, resultando no aparecimento de uma fissura vertical entre a junção de dois painéis próximos ao centro do vão e ocorrendo também o descolamento da divisória no encontro divisória/piso.

Infelizmente, não são informados os valores de deflexão e da carga que ocasionaram o aparecimento de tais patologias.

No caso das divisórias de gesso acartonado destaca-se o estudo realizado por BÖRTEMARK [1975], o qual realizou ensaios na Suécia analisando a influência das deformações das lajes sobre a divisória. Utilizou-se como corpo de prova divisórias compostas por estruturação de madeira e fechamento com chapas

de gesso acartonado. As características geométricas da divisória encontram-se ilustradas na figura 2.5.

FIGURA 2.4: Características geométricas do corpo de prova ensaiado [BÖRTEMARK, 1975].

Os ensaios realizados foram divididos em três séries, a saber:

- a) Série 1 – testes da divisória em laboratório;
- b) Série 2 – testes das divisórias em obra;
- c) Série 3 - testes de deformação nas juntas entre as chapas de gesso, realizados em obra.

No caso da série 1, avaliou-se a capacidade de carga que a divisória suporta sem a perda de sua integridade. Segundo o autor, o carregamento médio obtido foi de 30×10^3 N/m.

A série 2 teve como objetivo simular as condições reais da divisória submetida a um carregamento perpendicular à sua seção, sendo testada num edifício,

onde foram verificadas as condições de escoramento da estrutura e a deformação da laje (a laje teve uma deformação de aproximadamente 1/500 do vão). A divisória foi erguida sob uma viga de aço, para então proceder a medição dos deslocamentos horizontais e verticais da divisória.

No caso em que foi utilizado o véu de fibra de vidro no tratamento das juntas entre as chapas, observou-se fissuras na divisória na região em que as deformações do piso atingiram valores médios de 6 mm. Já no caso em que se empregou fitas de papel no rejuntamento, as fissuras apareceram quando as deformações atingiram 10 mm.

Na série 3 do ensaio, avaliou-se o desempenho das fitas de rejuntamento frente às deformações da divisória. Nesse teste, aplicou-se um carregamento em duas chapas de gesso rejuntadas, e os desvios relativos entre essas chapas de gesso foram medidos, bem como a deformação vertical total. Observou-se o aparecimento de fissuras em deformações compreendidas na faixa de 0,4 a 1,3 mm, obtendo uma média de 0,8 mm. Através da realização desse teste, foi possível concluir que as fitas de papel possuem uma resistência maior que os véus de fibra de vidro, e observou-se também que a divisória sofreu um colapso logo após o aparecimento das primeiras fissuras, demonstrando um comportamento frágil.

Analisando-se os resultados dos ensaios de BÖRTEMARK [1975], fica explícita a necessidade de se considerar o comportamento da estrutura para o dimensionamento da divisória.

As constatações desse autor, ocorridas há mais de duas décadas, podem contribuir para balizar no dimensionamento das estruturas de concreto e sua interação com as divisórias de gesso acartonado no Brasil, pois os ensaios abordando tais aspectos ainda são bastante incipientes.

Na França, por exemplo, as divisórias de gesso acartonado não ficam vinculadas à estrutura do edifício, para evitar problemas patológicos decorrentes de deformações estruturais [MERLET, 1995].

Uma outra alternativa consiste em tornar a estrutura suporte menos deformável, através da fixação de perfis na sua diagonal. Essa estrutura de reforço é muito utilizada nos Estados Unidos nas regiões onde ocorrem terremotos [SMITH; VANCE, 1996].

Segundo ensaios realizados por SMITH; VANCE [1996], essa configuração da estrutura da divisória aumenta sua resistência e rigidez como um todo, e a carga aplicada passa a ser absorvida por toda a divisória. O uso dessa estrutura na diagonal aumenta sobretudo a resistência a cargas laterais, paralela ao plano da divisória.

Os ensaios compreenderam a montagem de divisórias de chapas de gesso acartonado com o uso de perfis metálicos, porém, sem a estrutura na diagonal, e também divisórias com estruturação metálica composta com a estrutura na diagonal. As cargas laterais máxima suportadas pela divisória foram respectivamente 8 KN e 45 KN.

No Brasil, muitos problemas patológicos poderão ocorrer futuramente, pois geralmente não se tem considerado o comportamento dos elementos

estruturais quando da execução das divisórias com chapas de gesso acartonado. Chama-se a atenção também para a postura dos fabricantes de chapas de gesso acartonado, que têm ressaltado como vantagem o alívio de cargas nas estruturas e fundações, pelo fato da divisória possuir menor peso que a tradicional alvenaria de vedação, o que leva a estruturas mais esbeltas e, por consequência, mais deformáveis e danosas à divisória.

2.4.5.2 Capacidade de suporte de cargas suspensas

Esse requisito de desempenho diz respeito à capacidade da vedação vertical em suportar a ação de cargas provenientes de peças suspensas, como pias, tanques, lavatórios, prateleiras, entre outros.

As características dos componentes da vedação vertical, o componente de fixação utilizado, a forma de fixação do objeto e o carregamento imposto à divisória são fatores que devem ser analisados conjuntamente para que não haja problemas posteriormente.

Para as vedações verticais, o IPT [s.d.] propõe um critério de desempenho em que essas devem resistir a uma carga vertical excêntrica de 784 N (80 kgf), ou o equivalente a duas vezes a carga a ser transmitida pela peça suspensa, não devendo ocorrer:

- $D_h > h/500$; sendo D_h o deslocamento horizontal e h é a altura da vedação vertical;
- $D_{hr} > h/200$; sendo D_{hr} o deslocamento horizontal residual;

- arrancamento dos fixadores, rupturas, fissuras ou escamações nas regiões de transmissão de carga; pequenas “denteações” ou amassamentos não aceitáveis, não se especificando, porém, as condições em que os amassamentos são aceitáveis;
- qualquer dano fora da região de aplicação da carga, em qualquer face da vedação vertical.

No caso de divisórias, a norma brasileira NBR 11678 [ABNT, 1990f] prescreve o método de ensaio para a verificação de seu comportamento frente à ação de cargas suspensas.

Nesse ensaio, deve-se fixar o suporte para aplicação de cargas, que é constituído por mãos francesas interligadas, cujas características são ilustradas na figura 2.6.

De acordo com a norma brasileira, os dispositivos de fixação do suporte à divisória devem ser recomendados pelo fabricante, bem como a carga dos contrapesos.

O carregamento deve ser perpendicular ao plano do quadro e a meia altura de qualquer um de seus montantes, devendo ser mantido durante 24h. Após esse período, inspecionar visualmente o corpo de prova, observando se houve ocorrência de fissuras ou escamações nos locais de transmissão de cargas, fissuras na face oposta do corpo de prova, destacamentos no contorno da divisória ou destacamentos da junta entre os painéis.

FIGURA 2.5: Característica do suporte para realização do ensaio de cargas suspensas segundo a NBR 11678 [ABNT, 1990f].

Após essa inspeção, retirar o carregamento, aguardar 15 minutos e inspecionar novamente o corpo de prova.

MITIDIERI FILHO [1998], em sua tese de doutorado, propõe a realização do ensaio prescrito na NBR 11678, porém, a intensidade da carga a ser aplicada deve considerar o objeto que será fixado. Os valores recomendados pelo autor são:

- para lavatórios e armários: 1 KN, aplicado em dois pontos, sendo 0,5 KN em cada ponto;
- prateleiras e estantes para livros: 2 KN/m², aplicado de forma distribuída, considerando-se dois sistemas de mãos-francesas distantes 30 cm verticalmente.

Os critérios de desempenho propostos por MITIDIERI FILHO [1998] são os mesmos apresentados pelo IPT [s.d.].

Em se tratando de pesquisas abordando o desempenho das divisórias frente à ação de cargas, há o trabalho realizado por OLIVEIRA [1995], que avaliou as divisórias de painéis de gesso com fibras de vidro.

Seus ensaios foram realizados baseando-se na norma NBR 11678 [ABNT, 1990f], testando as buchas Fischer S-8, Fischer S-6 e uma outra bucha tipo S-8, de fabricante desconhecido. Os corpos de prova ficaram sob a ação da carga por um período de 79 horas e somente a bucha Fischer S-8 apresentou desempenho satisfatório.

No caso das divisórias de gesso acartonado, as normas americanas ASTM não abordam o comportamento nem das chapas de gesso nem das divisórias quando submetidas à ação das cargas suspensas.

O CSTB [1981], por sua vez, recomenda o uso de reforços na parte interna da divisória, no caso da carga prevista ser superior a 30 kg. Os fabricantes de chapas de gesso também fazem essa recomendação, indicando os tipos de buchas que devem ser empregados para carga inferior a 30 kg [LAFARGE GESSO, 1996; PLACO DO BRASIL, s.d.].

No Brasil, o IPT [1998] realizou ensaios de carga suspensa com a fixação de mão francesa e também avaliando a carga pontual de alguns tipos de fixações, sendo os resultados apresentados na tabela 2.10.

TABELA 2.10: Resultado dos ensaios de solicitações transmitidas por peças suspensas [IPT, 1997; IPT, 1998].

	Mão-Francesa		Carga Pontual	
	Tipo fixação	Carga de uso***	Tipo fixação	Carga de uso***
Divisória com montante metálico de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com uma chapa de gesso acartonado de 13 mm em ambas as faces	Toggler Bolt 1/4*	13 kg	PS 12 X 1 7/16**	10 kg
	Reforço interno*	50 kg		
	Fischer K54**	10 kg	Fischer K54**	10 kg
Divisória com montante metálico de 48 mm espaçados a cada 40 cm , coberta com uma chapa de gesso acartonado de 13 mm em ambas as faces	Toggler Bolt 3/16**	13 kg	Hilti HLD2**	13 kg
			Grip-Tite**	3 kg
Divisória com montante metálico de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com duas chapas de gesso acartonado de 13 mm em ambas as faces	Toggler Bolt 1/4 *	27 kg	PS 12 X 1 7/16**	13 kg
Divisória com montante metálico de 70 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com duas chapas de gesso acartonado de 13 mm em ambas as faces	Toggler Bolt 1/4 *	27 kg	PS 12 X 1 7/16**	13 kg

*Lafarge Gypsum

**Placo do Brasil

***A carga de uso é a carga que pode ser aplicada ao componente de fixação

Ressalta-se que as chapas de gesso ensaiadas são provenientes da França, de modo que os componentes empregados no Brasil podem não possuir o mesmo desempenho das chapas francesas.

2.4.5.3 Resistência a impactos

A determinação da resistência ao impacto das vedações verticais diz respeito à manutenção da integridade das mesmas quando submetidas a impactos e choques.

De acordo com a NBR 11675 [ABNT, 1990g], a verificação desse requisito envolve a avaliação de impactos de corpo duro e de corpo mole.

Nos ensaios de corpo duro, produz-se dez impactos sobre a divisória, com energia de 2,5 J, utilizando uma esfera de aço com diâmetro de 50 mm e peso de $(5 \pm 0,05)$ N. Após os impactos, inspecionar visualmente o corpo de prova, que não deve apresentar fissuras, escamações e destacamentos das capas. No caso das mossas, a NBR 11681 [ABNT, 1990e] prescreve que a sua profundidade deve ser medida e o nível de aceitação deve ser determinado pelo projetista.

Após esse procedimento, efetua-se dez impactos de 5,0 J, sem repiques, devendo observar a ocorrência de rupturas, estilhaçamentos ou deteriorações no corpo de prova .

Nas avaliações da resistência ao impacto de corpo mole, deve-se utilizar um saco cilíndrico de couro, com 350 mm de diâmetro e altura de 900 mm, contendo areia e serragem em seu interior em quantidade tal que o peso total seja de (400 ± 4) N.

O corpo de prova, por sua vez, deve ter as características apresentadas na figura 2.7.

Os impactos devem ser aplicados na seguinte seqüência:

- um impacto de 60 J no ponto A;
- um impacto de 60 J no ponto B;

- três impactos sucessivos de 120 J no ponto A;
- três impactos sucessivos de 120 J no ponto B.

FIGURA 2.6: Características do corpo de prova para o ensaio de impacto de corpo mole, segundo a NBR 11675 [ABNT, 1990g].

Para cada um dos impactos, medir o deslocamento transversal.

A norma brasileira NBR 11681 [1990e] prescreve que as divisórias leves, quando submetidas a impactos de 60 J, não devem apresentar:

- dificuldades para execução das manobras de abertura e fechamento da folha de porta;
- destacamento dos painéis de seus encaixes nos perfis divisórios;
- deslocamento transversal residual dos painéis que receberem os impactos, superior a $h/500$.

Os corpos de prova, quando submetidos a impactos de 60 e 120 J, não devem apresentar rupturas, destacamentos, estilhaçamentos ou deteriorações que possam causar perigo ao usuário.

O IPT [s.d.] propõe, para as vedações verticais internas sem função estrutural, a utilização do mesmo procedimento prescrito na NBR 11675 [ABNT, 1990g]; porém, a carga a ser aplicada possui intensidade diferente, conforme é possível observar na tabela 2.11. Nessa tabela, a coluna referente a energia de impacto apresenta os valores na seqüência de aplicação de cargas proposta pelo IPT.

TABELA 2.11: Cargas a serem aplicadas nas vedações verticais internas sem função estrutural, para o ensaio de impacto de corpo mole [IPT, s.d.].

Energia de impacto (J)	Deslocamento máximo		Exigências
	Dh	Dhr	
60	-	-	Sem nenhum dano
120	1/200	-	
120	-	-	
120	-	1/800	
180	-	-	Admitidas fissuras, escamações e outros danos, porém não se admite ruptura ou perda de estabilidade
240	-	-	

Dh: deslocamento horizontal

Dhr: Deslocamento horizontal residual

Além da avaliação da resistência ao impacto, o IPT [s.d.] recomenda também a avaliação da vedação vertical frente às solicitações transmitidas por portas, item esse que não é abordado pela norma brasileira. Os critérios propostos pelo IPT são:

- dez fechamentos bruscos da folha de porta contra o marco, sendo que o corpo de prova não deve apresentar quaisquer danos, tais como rupturas, fissurações, destacamentos no encontro com o marco, cisalhamento nas regiões de solidarização do marco, destacamentos em juntas entre painéis;
- sob a ação de um impacto de corpo mole com energia de 240J, aplicado no centro geométrico da folha de porta, não deverá ocorrer deslocamento ou arrancamento do marco, nem ruptura ou perda de estabilidade da parede. Admite-se, no contorno do marco, a ocorrência de danos localizados, tais como fissurações e estilhaçamentos.

O IPT avaliou o desempenho das divisórias de gesso acartonado quanto à resistência ao impacto, utilizando critérios próprios e também critérios da NBR 11681 [ABNT, 1990e]. A tabela 2.12 apresenta os critérios adotados, sendo que as divisórias apresentaram resultados satisfatórios.

MITIDIERI FILHO [1998], em sua tese de doutorado, também avaliou a resistência ao impacto das divisórias de gesso acartonado. Os resultados dos ensaios são apresentados na tabela 2.13.

Nas normas estrangeiras pesquisadas, percebeu-se que esse requisito de desempenho não é exigido para as divisórias de gesso acartonado; porém, considera-se importante a realização de ensaios avaliando a resistência a impactos dessas divisórias, pois a vedação vertical deve manter-se íntegra frente aos impactos que pode sofrer; e esses ensaios simulam essas situações.

TABELA 2.12: Critérios utilizados para a avaliação da resistência a impactos e solicitações transmitidas por portas [IPT, 1997; IPT, 1998].

Características da divisória	Impacto Corpo Duro	Impacto Corpo Mole	Solicitações transmitidas por portas
Divisória com montante metálico de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com uma chapa de gesso acartonado de 13 mm em ambas as faces da divisória.	NBR 11681	Critério IPT	Critério IPT
Divisória com montante metálico de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com duas chapas de gesso acartonado de 13 mm em cada uma das faces da divisória.	Critério IPT	Critério IPT	Critério IPT
Divisória com montante metálico de 70 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com duas chapas de gesso acartonado de 13 mm em cada uma das faces da divisória.	Critério IPT	Critério IPT	Critério IPT

TABELA 2.13: Resultado dos ensaios de resistência a impactos e solicitações transmitidas por portas [MITIDIERI FILHO, 1998].

Características da divisória	Divisória com montante metálico de 48 mm espaçados a cada 60 cm , coberta com uma chapa de gesso acartonado de 13 mm em ambas as faces da divisória	
Impacto Corpo duro	E=2,5J:	Profundidade média: 0,4 a 1,2 mm Profundidade máxima: 0,4 a 1,2 mm sem falhas
	E=5,0J:	Profundidade média 0,9 a 1,3 mm Profundidade máxima: 1,4 a 1,9 mm sem falhas
	E=10J:	Profundidade média 1,1 a 1,8 mm Profundidade máxima: 1,7 a 2,3 mm sem falhas
Impacto Corpo Mole	E=60J:	Dh(médio) = 1/90 Dhr (médio) = 1/2140 não ocorrência de falhas
	E=120J:	Dh(médio) = 1/68 Dhr (médio) = 1/1270 fissuração localizada em uma face
	E=180J:	Fissuração localizada em uma face
	E=240J:	Fissuração localizada nas duas faces
Solicitações transmitidas por portas	Fechamentos bruscos: não ocorrência de falhas Impacto na folha da porta: fissura e falha localizada	

Dessa forma, acredita-se que esse requisito de desempenho deve ser contemplado quando da elaboração de uma normalização nacional das divisórias de gesso acartonado.

De um modo geral, observa-se que as divisórias de gesso acartonado e seus componentes foram largamente ensaiados nos países onde o seu emprego é corrente, como Canadá, Estados Unidos, França e Inglaterra.

No Brasil, avaliou-se o desempenho de algumas divisórias de gesso, destacando-se os trabalhos desenvolvidos pelo IPT [1997,1998] e MITIDIERI FILHO [1998].

Porém, nesses ensaios foram utilizados componentes importados da França, sendo que nesse país inúmeros ensaios já foram realizados pelo CSTB, avaliando tanto a divisória como seus componentes.

É certo que esses ensaios auxiliam para parametrizar os critérios de desempenho da divisória; mas, para que haja uma evolução no processo de produção das divisórias de gesso acartonado e essas sejam consolidadas no país, acredita que seja importante avaliar a divisória montada com os componentes que estão sendo comercializados no país, considerando-se também as suas características construtivas.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS, COMPONENTES, EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS PARA A EXECUÇÃO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS DE CHAPAS DE GESSO ACARTONADO

Para compreender um método construtivo, é necessário saber inicialmente quais os materiais, componentes, equipamentos e ferramentas empregados na sua execução.

Mais do que ter o conhecimento da variedade dos materiais, componentes, equipamentos e ferramentas disponíveis, considera-se importante saber suas características, para que sejam especificados corretamente e empregados de maneira adequada, e não de forma intuitiva ou considerando-se somente o aspecto financeiro.

Desta forma, o presente capítulo aborda os materiais e componentes necessários para a execução das divisórias de gesso acartonado, bem como os equipamentos e ferramentas, tanto os comercializados no país como também nos outros países, o que possibilita verificar a diferença de variedades existente, conhecer os equipamentos e ferramentas alternativos e analisar os itens que precisam ser melhorados.

3.1 Materiais e Componentes para Execução das Divisórias de Gesso

Os materiais e componentes empregados na montagem da divisória serão apresentados de acordo com sua função dentro do processo de execução:

- componentes para fechamento da divisória;
- componentes para estruturação e suporte da divisória;
- componentes para fixação das chapas e dos perfis metálicos;
- materiais para tratamento das juntas;
- materiais para isolamento termo-acústico da divisória.

3.1.1 Componentes para fechamento

Os componentes para fechamento são constituídos por chapas de gesso acartonado.

Basicamente, uma chapa de gesso acartonado é um “sanduíche” composto na sua parte central de sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), entre duas camadas de papel cartão [HARDIE, 1995].

Segundo HARDIE [1995], nos Estados Unidos, as chapas são comumente referidas como *drywall boards* (placa para parede seca), apesar delas serem utilizadas também no forro. Outros nomes comuns são *gypsumboard*, *gypboard*, *gyprock* e *sheetrock*.

As chapas de gesso acartonado, pelo fato de serem cobertas com cartão, possuem uma superfície lisa, facilitando a atividade de acabamento. Além

disso, devido a sua regularidade geométrica, dispensa também a camada de regularização.

Segundo os fabricantes de chapas de gesso que se instalaram no Brasil, esse componente possui borda rebaixada para que, após a realização do tratamento das juntas entre as chapas, a divisória fique nivelada, sem saliências decorrentes do rejuntamento, conferindo uma aparência monolítica.

Porém, essa não é a única razão para que as chapas de gesso tenham essas características. Nos outros países, é comum encontrar chapas de gesso acartonado com diversos formatos de borda, sendo cada formato adequado para cada situação.

De acordo com o fabricante americano de chapas de gesso acartonado G-P GYPSUM CORPORATION [1997], os seguintes tipos de bordas, ilustrados na figura 3.1, são encontrados:

- *Rebaixada com canto arredondado:* é utilizada para reduzir problemas nas juntas entre as chapas de gesso, decorrentes de movimentações higrotérmicas. Esse tipo de borda proporciona uma junta com maior resistência a essas movimentações, sendo necessário utilizar massa adequada para tratamento das juntas;
- *Rebaixada:* é o tipo de borda utilizada no Brasil. Permite realizar o tratamento de juntas, com massa e fita, possibilitando que as juntas entre duas chapas fiquem completamente planas, lisas e com aparência monolítica;

- Chanfrada: esse tipo de borda é apropriada quando se deseja que a divisória tenha uma aparência de elemento não monolítico;
- Duplo chanfrado: apropriada quando se utiliza perfil metálico específico para fechamento de “*shafts*” e caixas de escada, perfil esse que será detalhado no item 3.1.2 do presente trabalho;
- Quadrada: inicialmente, todas as bordas das chapas de gesso acartonado eram quadradas. Era utilizada para dar um aspecto final de elemento não monolítico. Atualmente, esse tipo de borda encontra-se disponível somente nas chapas de gesso que são utilizadas como base para fixação de acabamento (chapas de vinil, de madeira, *shingles*, entre outros) em paredes externas. Recomenda-se que essa chapa seja fixada na posição vertical;
- Macho e fêmea: segundo o fabricante americano de chapas de gesso acartonado NATIONAL GYPSUM [NG, 1996], esse componente também serve como base para fixação de acabamento em paredes externas, recomendando-se que seja aplicado na posição horizontal.

Observa-se portanto, que o formato das bordas das chapas de gesso não tem somente a finalidade de apresentar uma superfície regular após o tratamento das juntas, mas podem influenciar no comportamento da divisória.

No Brasil, é comercializada somente a chapa de gesso com a borda rebaixada e os seus fabricantes certamente não alertam para a importância de se utilizar a chapa com o tipo mais adequado de borda para cada situação.

FIGURA 3.1: Tipos de borda das chapas de gesso acartonado [adaptado de GA, 1986].

Independente do tipo de borda da chapa de gesso, a ASTM C36 [ASTM, 1997] estabelece que a profundidade do rebaixo deve ser no mínimo de 0,51 mm e no máximo 2,29 mm.

Já a norma inglesa BS 1230 [BSI, 1985], referente às especificações das chapas de gesso acartonado, determina que a profundidade do rebaixo seja no mínimo de 0,80 mm e no máximo de 1,80 mm, estabelecendo também limites na largura da região rebaixada, que deve ser de 50 a 70 mm. A figura 3.2 ilustra a borda rebaixada da chapa de gesso com as características prescritas pelas normas americana e inglesa.

FIGURA 3.2: Características da borda rebaixada da chapa de gesso segundo a ASTM C36 e BS 1230.

Essas normas estabelecem também variações dimensionais permitidas para as chapas de gesso acartonado, havendo variações nas tolerâncias permitidas pelas diversas normas existentes, como pode ser observado na tabela 3.1.

A título de comparação, nesta tabela também são apresentadas as tolerâncias dimensionais admitidas pela NBR 11681 [ABNT, 1990e], para os componentes de fechamento das divisórias leves internas moduladas.

Através da tabela é possível observar que a norma brasileira estabelece algumas tolerâncias que não são aplicáveis às chapas de gesso. Tomando como exemplo a variação na espessura, a norma brasileira permite uma variação de $\pm 2,0 \text{ mm}$, que pode corresponder a 21% do valor total de uma chapa de gesso com espessura de 9,5 mm.

Há então, a necessidade de se criar uma norma brasileira específica para as divisórias de chapas de gesso acartonado, assim como já existem em vários outros países.

O IPT [1997], por exemplo, ao avaliar as características das chapas de gesso acartonado para um dos fabricantes instalado no Brasil, utilizou a norma

TABELA 3.1: Tolerâncias dimensionais permitida para as chapas de gesso acartonado [AFNOR, 1981; ASTM, 1997; BSI, 1985; DIN, 1989; ISO, 1980] e para os componentes de fechamento de divisórias leves internas moduladas [ABNT, 1990e].

Dimensões	Tolerâncias permitidas (mm)					
	NF 72-302	ASTM C 36	BS 1230	DIN 18180	ISO 6308	NBR 11681
Largura (mm)						
400	+ 0 / - 5	-	-	+0 / -5	-	± 5,0
600		-	-		+0 / -5	
800		-	+ 0 / -5	-	-	
900		-		-	+0 / -5	
1200		≤ 2,4		+0 / -5		
Comprimento (mm)						
	+ 0 / - 5	± 6,4	+ 0 / -6	+0 / -5	+0 / -6	± 3,0
Espessura (mm)						
9,5	± 0,4	± 0,4 permitindo-se variações localizadas de até ± 0,8	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 2,0
12,5			± 0,6		± 0,6	
16					-	
19				-	± 0,6	
25				-	-	

francesa NF P 72-302 (*Plaques de Parement en Plâtre*) [AFNOR, 1981], que caracteriza as chapas de gesso acartonado. Apesar desse fabricante de chapas de gesso já estar produzindo esse componente no Brasil, os ensaios foram realizados com chapas importadas da França e os resultados obtidos são apresentados na tabela 3.2.

TABELA 3.2: Variações dimensionais e densidade superficial das chapas de gesso acartonado avaliadas no Brasil [adaptado de IPT, 1997].

Tipo de chapa	Comprimento médio (mm)	Largura média (mm)	Espessura média (mm)	Densidade superficial (kg/m ²)
Valores estabelecidos pela NF – 72-302	+ 0 / - 5	+0 / - 5	± 0,4 mm	8,5 a 12,0
Comum	- 1	- 2	+ 0,08	10,08
Resist. ao fogo	- 1	- 4	- 0,28	10,95
Resist. à água	- 1	- 1	- 0,046	10,51

Verifica-se pela tabela 3.2 que as chapas de gesso acartonado apresentam desvios dimensionais pequenos, o que proporciona uma boa precisão dimensional à divisória, desde que executada corretamente.

Nesta tabela, observa-se também que existe uma variedade de tipos de chapas de gesso acartonado, sendo cada uma delas é mais adequada para cada situação.

No Brasil, comercializam-se atualmente três tipos de chapas de gesso: comum, resistente à água e resistente ao fogo. Nos outros países, além desses tipos, é

comercializada uma maior variedade de chapas de gesso, como as resistentes ao impacto, flexíveis e resistentes ao vapor d'água.

As características dessas chapas de gesso serão apresentadas a seguir.

3.1.1.1 Chapas para uso comum

De acordo com a norma americana ASTM C36 [ASTM, 1997], as chapas para uso comum (*Standard*) devem ter no seu centro um material não combustível, essencialmente o gesso, e a superfície deve ser composta por uma camada de papel, que deve estar aderida ao material do centro.

Nos Estados Unidos, as chapas para uso comum possuem cor marfim na face frontal e papel cinza na face posterior HARDIE [1995]. No Brasil, as chapas para uso comum possuem o cartão branco na face frontal e marfim na face posterior.

Segundo FERGUSON [1996], cada espessura de chapa é mais adequada conforme o tipo e utilização da divisória. As chapas com 15,9 mm de espessura, por exemplo, possuem melhor desempenho estrutural que as chapas de menor espessura. Por outro lado, são mais rígidas e, portanto, mais difíceis de serem curvadas.

As chapas com 12,7 mm de espessura são as utilizadas comumente, tanto no Brasil como nos outros países.

Já as chapas com 9,5 mm de espessura são utilizadas nos Estados Unidos geralmente quando há a necessidade de se realizar reparos na divisória.

As chapas de 6,4 mm, por sua vez, são utilizadas para servir como base para revestimento de paredes existentes. Além disso, devido à reduzida espessura, essa chapa pode ser curvada facilmente, de modo que é utilizada também para executar divisórias curvas com raio longo, aproximadamente 150 cm quando seca e aproximadamente de 90 cm, quando umedecidas.

As características geométricas das chapas de gesso para uso comum comercializadas no Brasil são apresentadas na tabela 3.3. Ressalta-se que há a possibilidade do fornecimento de chapas com comprimento diferente das indicadas na referida tabela.

TABELA 3.3: Dimensões das chapas de gesso acartonado para uso comum comercializadas no Brasil [KNAUF, s.d.; LAFARGE GESSO, 1996; PLACO DO BRASIL, s.d.].

Fabricante	Espessura (mm)	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Densidade superficial (kg/m ²)
Knauf	9,5	120	250 a 400	Informações não fornecidas no catálogo
	12,5	120	250 a 400	
	15	120	250 a 400	
	18	120	250 a 400	
	25	120	250 a 400	
Lafarge	6	120	300	5
	9,5	120	200, 250 e 260	8
	12,5	120	200, 240, 250, 280, 300, 320 e 360	10
	15	120	250 e 300	12,5
	18	120	250, 260, 280 e 300	15,5
	23	120	250	18
Placo do Brasil	9,5	120	240	7,9
	12,5	60 e 120	180, 200, 240, 280, 300	10,2
	15	120	250	12,1

Deve-se atentar para que as chapas para uso comum não sejam empregadas em ambientes com temperatura acima de 50°C e ou umidade relativa permanente superior a 90% pois, de acordo a KNAUF [1997a], nessas condições, as características das chapas podem ser alteradas, comprometendo o desempenho da divisória.

3.1.1.2 Chapas resistentes ao fogo

As chapas de gesso acartonado, como visto no item 2.4.2 deste trabalho, quando submetidas à alta temperatura, liberam a água de hidratação do gesso, retardando a transferência de calor.

Contudo, essa perda de água provoca uma retração na chapa de gesso, ocorrendo fissuras que permitem a passagem do calor e, dependendo dos danos ocorridos no componente, pode ocorrer também a passagem do fogo [NG, 1996].

Para minimizar esse problema, foi desenvolvida a chapa de gesso resistente ao fogo, que contém fibras não combustíveis na camada de gesso, sendo comum o uso de vermiculitas e fibras de vidro, que ajudam a manter a integridade da chapa, mesmo ocorrendo a perda de água do gesso [NG, 1996].

Porém, essa chapa apresenta uma dificuldade maior para ser cortada, se comparada às chapas para uso comum, pois a sua camada de gesso possui uma dureza maior [FERGUSON, 1996].

Nos Estados Unidos, as chapas resistentes ao fogo são utilizadas nas vedações verticais das garagens e divisórias que separam dois apartamentos.

As chapas com espessura de 15,9 mm são as mais utilizadas na vedação vertical da garagem, sendo comum, nesse caso, utilizar a chapa de gesso resistente à água e também ao fogo (*Water Resistant Type "X"*¹) [FERGUSON, 1996].

As chapas de gesso de 19,0 mm de espessura não se encontram nas especificações da ASTM C 36 [ASTM, 1997], mas são comercializadas pelos fabricantes de chapas de gesso.

No Brasil, assim como em diversos países onde são comercializadas as chapas de gesso acartonado, as resistentes ao fogo possuem o cartão da face frontal na cor rosada. A tabela 3.4 apresenta as dimensões comercializadas no Brasil e a densidade superficial desse tipo de chapa.

TABELA 3.4: Dimensões das chapas de gesso acartonado resistentes ao fogo comercializadas no Brasil [KNAUF, s.d.; LAFARGE GESSO, 1996; PLACO DO BRASIL, s.d.].

Fabricante	Espessura (mm)	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Densidade superficial (kg/m ²)
Knauf	12,5	120	250 a 400	Informações não fornecidas no catálogo
	15	120	250 a 400	
	18	120	250 a 400	
Lafarge	12,5	120	250 e 300	10,8
	15	120	250 e 300	13,4
Placo do Brasil	12,5	120	250	10,6
	15	120	250	12,7

¹ Considerando-se uma divisória executada com chapas de gesso tipo "X", aquelas cuja espessura for de 15,9 mm (5/8") devem resistir no mínimo a uma hora no teste de resistência ao fogo, e as chapas com espessura de 12,7 mm (1/2") devem resistir a 3/4 de hora [ASTM, 1993a].

Na Inglaterra, nas situações em que é requerido um alto desempenho ao fogo, pode-se utilizar chapas que resistem a até 4 horas quando expostas ao fogo. Essas chapas são cimentícias e possuem fibras para melhorar suas características físicas e, segundo o fabricante, são capazes de resistir a altas temperaturas, não apresentando, porém, dados numéricos que quantifiquem essas informações [KNAUF, 1997c].

3.1.1.3 Chapas resistentes à água

Para a utilização de chapas de gesso acartonado em ambientes molháveis, o componente mais adequado é denominado pela ASTM C 630 [ASTM, 1993a] como “Chapas de Gesso Resistente à Água” (*Water-Resistant Gypsum Backing Board*), que podem ser de dois tipos:

- a) chapas de gesso resistentes à água: o centro da chapa é constituído por gesso e aditivos que o torna resistente à água e as duas superfícies são cobertas por um cartão com hidrofugante;
- b) chapas de gesso resistentes à água tipo X: similar à chapa descrita anteriormente, porém com uma maior resistência à ação do fogo.

De acordo a KNAUF [1997a], as chapas de gesso resistentes à água são compostas na sua parte central por gesso e silicone e têm as duas superfícies cobertas por um cartão com hidrofugante .

No Brasil, é possível encontrar esse tipo de chapa com várias dimensões, as quais são apresentadas na tabela 3.5.

TABELA 3.5: Dimensões das chapas de gesso acartonado resistentes à água comercializadas no Brasil [KNAUF, s.d.; LAFARGE GESSO, 1996; PLACO DO BRASIL, s.d.].

Fabricante	Espessura (mm)	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Densidade superficial (kg/m ²)
Knauf	12,5	120	250 a 400	Informação não fornecida no catálogo
Lafarge	12,5	120	250 e 300	10,5
	18	120	250 e 300	16,5
Placo do Brasil	12,5	120	250	11,0
	15	120	250	13,2

Pode-se distinguir esse tipo de chapa através da cor de seu cartão, que é verde. Observando-se os catálogos dos fabricantes americanos de chapas de gesso acartonado [G-P GYSPUM CORPORATION, 1997; LAFARGE PLASTERBOARD, s.d.; NG, 1996], do fabricante inglês [KNAUF, 1997a] e dos fabricantes brasileiros [LAFARGE, 1996; PLACO DO BRASIL, s.d.], verifica-se que há um padrão global com relação à cor do cartão e ao tipo de chapa de gesso, ou seja, a cor verde do cartão, em várias localidades do mundo, é atribuída à chapa de gesso resistente à água.

Esse componente, apesar de ser recomendado para ser utilizado em ambientes molháveis, não deve ser usado em áreas expostas constantemente a uma taxa de umidade relativa superior a 95%. Além disso, temperatura superior a 50°C pode modificar as características desse tipo de chapa de gesso, comprometendo o desempenho da divisória [KNAUF, 1997a].

FERGUSON [1996] ressalta também que, em ambientes molháveis, sobretudo no banheiro, as chapas de gesso resistentes à água devem ser fixadas com o

cuidado necessário para evitar a entrada de vapor de água, situação essa que pode deteriorar esse componente.

Para evitar esse problema, é comum a utilização de chapas cimentícias nas áreas onde a incidência de água ou a exposição ao vapor é maior, como no box do banheiro, por exemplo.

Essas chapas são compostas por cimento e agregados, sendo reforçadas com fibras de vidro. Segundo a KNAUF [1997b], essas chapas possuem absorção de água inferior a 5% quando em contato com a água num período de 24 horas.

Uma outra característica é que essas chapas possuem uma face rugosa e outra lisa. Essa diferença de rugosidade existe para melhorar a capacidade de aderência quando da aplicação de placas cerâmicas. No caso de se empregar argamassa para fixação de placa cerâmica, deve-se utilizar a face rugosa da chapa cimentícia e, no caso da cerâmica ser aplicada com material que promova adesão química, utiliza-se a face lisa da chapa [FERGUSON, 1996].

Recentemente as chapas cimentícias passaram a ser fabricadas no Brasil, além de serem comercializadas também por um dos fabricantes de chapas de gesso. Porém, no catálogo desse fabricante, esse componente é recomendado para ser empregado em locais úmidos e em “*casos especiais (...), especialmente para os locais críticos*”, sem maiores explicações sobre as situações mais adequadas para a sua utilização [KNAUF, s.d.].

Os demais fabricantes brasileiros de chapas de gesso, [LAFARGE GESSO, 1996; PLACO DO BRASIL, s.d.] recomendam o emprego das chapas

resistentes à água nas áreas molháveis como banheiros, cozinhas e áreas de serviço, não alertando para as possíveis consequências em se utilizar esse tipo de chapa nas áreas mais críticas, como o box do banheiro, por exemplo.

Apesar das chapas cimentícias serem normalmente empregadas em outros países na região do box do banheiro, um dos fabricantes americanos alerta que essa chapa permite a passagem de umidade através de seus poros, recomendando a utilização de uma chapa de gesso especialmente designada para esse fim, denominada “*gypsum-core tile backer*” [G-P GYPSUM CORPORATION, 1997].

Segundo a descrição contida no catálogo da G-P GYPSUM CORPORATION, a chapa tipo *gypsum-core tile backer* contém silicone tratado na camada de gesso, sendo cobertas em ambas as faces com uma manta de fibra de vidro para melhorar a sua resistência mecânica, recebendo sobre essa manta uma película acrílica que serve como barreira à entrada de vapor.

Esse componente não fica propenso à delaminação de suas camadas quando exposto ao vapor, problema que ocorre quando se utiliza chapas de gesso acartonado; é 33% mais leve que as chapas cimentícias², além de oferecer maior facilidade em se realizar cortes e fixação à estrutura suporte, não prejudicando a produtividade do serviço.

² As chapas cimentícias possuem densidade de 1550 kg/m³ [KNAUF, 1997b]. Dessa forma, uma chapa cimentícia com 12,5 mm de espessura possui 19,38 kg/m², sendo aproximadamente 76% mais pesada que uma chapa de gesso acartonado resistente à água de mesma espessura.

Porém, FERGUSON [1996] descreve que essas chapas possuem uma durabilidade inferior às chapas cimentícias, contradizendo o fabricante anteriormente citado, que destaca que essas chapas possuem desempenho superior às chapas cimentícias e chega a oferecer 20 anos de garantia sobre esse componente.

Há a necessidade pois, de se realizar um estudo mais aprofundado sobre o desempenho desses componentes, para que seja possível efetuar uma escolha mais adequada para cada situação, baseando-se em parâmetros técnicos e não somente nas características apresentadas pelos fabricantes.

3.1.1.4 Chapas resistentes ao vapor d'água

Para atender às situações para as quais a vedação vertical necessita de uma alta resistência ao vapor d'água, bem como reduzir o risco de condensação intersticial, recomenda-se o emprego de chapas resistentes ao vapor d'água [KNAUF, 1997a].

Essas chapas, denominadas de “*foil back wallboard*”, possuem um filme de poliéster metalizado na sua face posterior e são utilizadas como base para revestimento da face interna das vedações verticais externas [LAFARGE PLASTERBOARD, s.d.].

Segundo FERGUSON [1996], esse filme metalizado cria uma barreira, isolando a chapa de gesso do contato com o vapor e, conseqüentemente, a umidade do ambiente não sofre grandes alterações, mantendo-se assim um nível de conforto adequado.

Esse componente não deve ser confundido com as chapas de gesso resistentes à água, o que fica explícito no catálogo do fabricante americano de chapas de gesso NATIONAL GYPSUM [NG, 1996], o qual destaca as seguintes situações em que as chapas resistentes ao vapor d'água não devem ser empregadas:

- quando ficar exposta a alta taxa de umidade (acima de 90%) e temperaturas extremas; e
- quando servirem como base para colocação de placas cerâmicas ou de outro acabamento que torne a divisória estanque à água ou ao vapor d'água.

Esse componente não tem sido comercializado no Brasil, observando-se o emprego de chapas de gesso acartonado de uso comum como base para revestimento interno de parede externa, sem a preocupação com os problemas que poderão ocorrer futuramente em decorrência da condensação intersticial.

Apenas em uma das obras visitadas, pertencente a uma construtora atuante na região Sul do país, observou-se uma preocupação a esse respeito. Nessa obra, utilizava-se uma folha metalizada, importada, que era fixada na face posterior da chapa de gesso acartonado, de modo que essa folha situava-se entre a parede externa e a chapa de gesso.

Essa solução também é utilizada nos Estados Unidos; porém, como nesse país pode-se encontrar chapas de gesso tipo “*foil back*”, o emprego desse último torna-se mais econômico [NG, 1996].

3.1.1.5 Chapas resistentes ao impacto

Essas chapas são empregadas onde há uma maior exigência com relação a impactos, como caixa de escada e áreas de grande circulação, como corredor de edifícios comerciais.

Segundo FERGUSON [1996], esse componente apresenta maior resistência ao entalhe, à penetração de objetos afiados e aos impactos com carga concentrada, além de ser mais resistente ao empeno e às fissuras, se comparado às demais chapas de gesso de mesma espessura.

De acordo com a KNAUF [1997a], as chapas resistentes ao impacto possuem adições no gesso, como vermiculita e fibras de vidro e o cartão utilizado é mais reforçado, se comparado com o dos demais tipos de chapas de gesso.

Esse mesmo fabricante ressalta que essa chapa não deve ser empregada em ambientes com temperatura acima de 50°C e ou umidade relativa acima de 90%, pois pode haver mudanças nas características das chapas, comprometendo o desempenho da divisória.

A NATIONAL GYPSUM [NG, 1996], ao descrever as chapas resistentes ao impacto por ela fabricada, explica que essas possuem adições na camada de gesso, não especificando contudo quais são empregados. Esse fabricante descreve ainda que essas chapas são cobertas com um papel resistente na face frontal e, na face posterior, utiliza-se um papel diferente desse, mas também resistente. Além disso, uma camada de filme de policarbonato é aderido na face posterior da chapa para melhorar a sua resistência mecânica.

Devido às poucas informações sobre as chapas resistentes ao impacto apresentadas pelos fabricantes, não é possível saber se as chapas da KNAUF [1997a] referem-se às mesmas fabricadas pela NATIONAL GYPSUM [NG, 1996].

Na Inglaterra, o fabricante KNAUF comercializa esse componente com o cartão frontal na cor azul e a face posterior na cor cinza [KNAUF, 1997a].

No Brasil, até o momento, essas chapas não são comercializadas por nenhum dos fabricantes aqui instalados.

3.1.1.6 Chapas flexíveis

As chapas flexíveis são disponíveis somente na espessura de 6,4 mm, sendo indicadas para o uso em divisórias curvas. Elas podem ser trabalhadas para formarem planos côncavos ou convexos [FERGUSON, 1996].

De acordo com o catálogo da NATIONAL GYPSUM [NG, 1996], essas chapas são diferentes das chapas para uso comum, possuindo um papel reforçado em ambas as faces.

FERGUSON [1996] destaca que, devido às características dessas chapas, essas são mais deformáveis, havendo uma maior resistência ao aparecimento de fissuras devido às movimentações da estrutura, se comparada à chapa para uso comum.

Assim como as chapas resistentes ao impacto, as chapas flexíveis também não são comercializadas no Brasil.

3.1.1 Componentes para suporte das chapas

As chapas de gesso acartonado devem ser fixadas sobre uma base plana e estável, pois não possuem, por si só, resistência estrutural adequada. Nesse sentido, se forem fixadas sobre componente frágil, haverá o aparecimento de fissuras nas chapas [FERGUSON, 1996].

As chapas de gesso podem ser fixadas sobre componentes produzidos a partir de vários materiais, mas geralmente são empregados madeira ou perfis metálicos.

Os componentes de madeira são empregados como suporte para fixação de chapas de gesso nos países da América do Norte e da Europa, sobretudo na construção de residências.

Alguns cuidados devem ser tomados quando do emprego dos componentes de madeira. Na França, por exemplo, o *Centre Scientifique et Technique du Batiment*, através da DTU 25.41 [CSTB, 1981], prescreve que os componentes de madeira que servirão de suporte para as chapas de gesso acartonado devem possuir umidade de equilíbrio com o ambiente inferior a 18%, além de ressaltar a necessidade de tratar a madeira contra o apodrecimento e a ação de insetos e agentes biológicos de deterioração.

Segundo a ASTM C840 [ASTM, 1995c], são necessários os seguintes cuidados ao se empregar componentes de madeira:

- devem estar planos;

- controlar a umidade relativa do ambiente, através de uma ventilação adequada antes, durante e após a execução da divisória;
- certificar-se que a madeira esteja completamente seca antes de sua utilização, sendo essa última recomendação destacada também pela GYPSUM ASSOCIATION [1986].

Observa-se que o teor de umidade da madeira e do ambiente são fatores importantes que devem ser considerados na execução da divisória, pois assim procura-se evitar que a madeira sofra deformações excessivas, ocasionando fissuras na divisória.

FERGUSON [1996] descreve que chegou a realizar o serviço sem verificar se os componentes de madeira estavam devidamente secos. Algum tempo depois, foi requisitado para consertar as fissuras e saliências que as chapas de gesso apresentaram pois, a estrutura suporte, ao secar, retraiu-se e sofreu deformações, danificando as chapas de gesso, que não possuem a mesma capacidade de deformação da madeira.

No Brasil, os componentes de madeira são comumente empregados como reforço para fixação de batentes, caixas de luz, instalações hidráulicas e para fixação de objetos com massa superior a 30 kg, sendo usual o emprego de perfis de aço galvanizado para estruturação da divisória.

Os perfis metálicos apresentam algumas vantagens com relação às estruturas de madeira, destacando-se a menor variação de suas dimensões, menor peso e a não combustibilidade. Além disso, não sofrem ataques de insetos e agentes biológicos.

Basicamente, a estrutura suporte da divisória de gesso acartonado é formada pelas guias e pelos montantes, ilustrados na figura 3.3.

FIGURA 3.1: Guias e montantes da divisória de gesso acartonado.

A guia tem a finalidade de direcionar a divisória. É fixada no teto e no piso, denominada de guia superior e guia inferior respectivamente.

O montante, por sua vez, fica na posição vertical, servindo para a estruturação da divisória.

Uma maneira simples de diferenciar a guia do montante é verificar se o perfil metálico possui aberturas ou não. Normalmente o montante possui aberturas para facilitar a passagem de tubulações hidráulicas e elétricas.

Quanto às características dos perfis metálicos, a ASTM C 645 [ASTM, 1995b], prescreve que esses componentes devem ser de aço galvanizado ou de um

outro material que tenha resistência à corrosão e resistência mecânica equivalente ao do aço galvanizado especificado.

Na França, os perfis metálicos devem possuir uma espessura mínima de 0,60 mm, já incluída a camada de proteção [CSTB, 1981]. De acordo com a norma francesa NF A 36-321 [AFNOR, 1996], os perfis metálicos devem ser protegidos por uma camada de zinco, devendo-se empregar no mínimo 275g/m^2 .

A norma inglesa BS 7364 [BSI, 1990], referente aos perfis metálicos, admite uma espessura mínima de 0,55 mm para os mesmos, incluindo-se a camada de proteção, que deve ser de pelo menos 275 g/m^2 .

Já nos Estados Unidos, a ASTM C 645 [ASTM, 1995b] prescreve que a espessura mínima do perfil, sem considerar a camada de proteção galvânica, deve ser de 0,45 mm. A camada de galvanização, por sua vez, deve possuir as características prescritas pela norma ASTM A 653 [ASTM, 1995d], a qual prescreve que deve ser empregado no mínimo 122 g/m^2 , valor esse que se encontra muito abaixo das normas européias, havendo a necessidade de uma revisão sobre essa especificação na norma americana.

No Brasil, o IPT avaliou as características dos perfis de aço galvanizado de dois fabricantes de chapas de gesso que aqui se instalaram, sendo suas características e os resultados obtidos apresentados na tabela 3.6 [IPT, 1997; IPT, 1998].

TABELA 3.6: Características dos perfis de aço galvanizado avaliados pelo IPT [adaptado de IPT, 1997 e IPT, 1998].

Tipo de perfil	Espessura do perfil (mm)	Espessura da camada de zinco (μm)	Uniformidade da camada de zinco	Aderência da camada de zinco
Montante, largura 48 mm	0,60	$14,2 \pm 2,2^{(*)}$ $21,1 \pm 1,7^{(**)}$	5 imersões ^(*) 3 imersões ^(**)	Satisfatória
Guia, largura 48 mm	$0,51^{(*)}$ $0,60^{(**)}$	$23,7 \pm 3,3^{(*)}$ $17,2 \pm 3,2^{(**)}$	6 imersões ^(*) - ^(**)	Satisfatória

^(*)Fabricante 1: Lafarge Gesso [IPT, 1997]

^(**)Fabricante 2: Placo do Brasil [IPT, 1998].

Ressalta-se que os perfis ensaiados são importados da França e seu desempenho pode ser diferente dos perfis aqui fabricados, que são fornecidos por ambos os fabricantes de chapas de gesso.

Nos Estados Unidos, os maiores fabricantes de chapas de gesso acartonado também comercializam os perfis metálicos, que são fabricados em vários formatos, cada um deles mais adequado para uma dada situação. A figura 3.4 ilustra os formatos das guias e dos montantes comercializados nos Estados Unidos.

No Brasil, o fabricante de perfis metálicos para a estruturação das divisórias de gesso acartonado comercializa componentes de aço galvanizado com formato semelhante à letra “C”. Um dos fabricantes de chapas de gesso acartonado vem importando guias e montantes de aço galvanizado, que possuem o mesmo formato dos perfis nacionais. Na tabela 3.7 são apresentadas as características dos perfis metálicos comercializados no Brasil.

FIGURA 3.2: Formato das guias e montantes comercializados nos Estados Unidos [NG, 1996; G-P GYPSUM CORPORATION, 1997].

TABELA 3.7: Características dos perfis de aço galvanizado comercializados no Brasil [KNAUF; SENAI, 1999].

	Largura nominal (mm)	Comprimento (mm)	Espessura (mm)	Camada de galvanização
Componente nacional	48, 70, 75 e 90	Guias: 3000 Montantes: 2490, 2790 e 2990	0,50	250 g/m ²
Componente importado	48, 70 e 90	-	0,60	250 g/m ²

Observa-se que os perfis do fabricante nacional possuem menor espessura que os importados pela KNAUF. Sabe-se que a espessura do perfil é um dos fatores que interferem no seu desempenho. Porém, não é possível realizar comparações com os perfis avaliados pelo IPT, uma vez que não foram efetuados ensaios com os perfis nacionais.

Considera-se importante a realização de ensaios com os componentes que vêm sendo comercializados no Brasil, pois os perfis metálicos importados já foram largamente ensaiados em seus países de origem e possuem inclusive certificado de aprovação, ao contrário daqueles produzidos no Brasil.

Com relação às variações dimensionais dos perfis metálicos, as normas ASTM C 645 [ASTM, 1995b] e BS 7364 [BSI, 1990] definem as tolerâncias para o comprimento, largura, altura e esquadro, cujo valores encontram-se na tabela 3.8. Nessa tabela são apresentadas também as tolerâncias geométricas dos perfis metálicos fabricados no Brasil, sendo os dados obtidos através de contato com o fabricante. Para maior clareza, essas grandezas são ilustradas na figura 3.5.

TABELA 3.8: Tolerâncias dimensionais permitidas para os perfis metálicos, segundo a ASTM C645 e BS 7634 [ASTM, 1995b; BSI 1990].

	Guias			Montantes		
	ASTM C645	BS 7634	Fabricante Brasileiro	ASTM C645	BS 7634	Fabricante Brasileiro
Comprimento	+ 25,4 mm - 6,35 mm	± 3 mm	± 5 mm	+ 3,18 - 6,35 mm	± 3 mm	± 5 mm
Largura	+ 3,18 mm	± 0,4 mm	± 0,5 mm	± 0,79 mm	± 0,4 mm	± 0,5 mm
Altura	-	± 0,75 mm	± 0,5 mm	-	± 0,4 mm	± 0,5 mm
Ângulo	- 4,76 mm	± 1°	± 1°	± 1,59 mm	± 1°	± 1°

Comparando os valores estabelecidos pela ASTM C645 [ASTM, 1990b] e BS 7634 [BSI, 1990], observa-se uma grande diferença nas tolerâncias permitidas, havendo uma variação de até 7 vezes, como no caso do desvio da largura.

FIGURA 3.3: Características geométricas dos perfis metálicos.

A norma inglesa BS 7634 [BSI, 1990] mostra-se mais rigorosa que a americana, sendo que os perfis fabricados no Brasil não atendem aos seus requisitos. Acredita-se que a norma americana deveria ser mais rigorosa pois, considerando-se uma guia com 48 mm de largura, é permitido um desvio de 6,6%, o que pode comprometer a precisão dimensional da divisória.

3.1.2 Componentes para fixação

Para a fixação das chapas de gesso sobre a estrutura suporte, pode-se utilizar prego ou parafuso. O prego é utilizado para fixar a chapa de gesso sobre a estruturação de madeira.

O parafuso, por sua vez, pode ser empregado tanto para fixar a chapa de gesso sobre a estruturação de madeira ou metálica. Porém, devem ser empregados pregos e parafusos específicos para a montagem das divisórias

de gesso acartonado, devendo-se atentar também para o fato de se utilizar o componente específico para cada situação.

Segundo a GYPSUM ASSOCIATION [1986], os pregos devem possuir cabeça côncava ou plana, salientando-se que não devem ser empregados pregos comuns, pois esses apresentam cabeça de menor tamanho que os pregos específicos para o gesso acartonado. Consequentemente, danificam o cartão da chapa de gesso, podendo prejudicar o desempenho da divisória.

A ASTM C 514 [ASTM, 1994a] prescreve que os pregos devem apresentar brilho e serem quimicamente tratados com uma camada anti-oxidante, devendo apresentar as seguintes propriedades:

- ductilidade: o prego deve ser suficientemente dúctil para resistir a uma curvatura de 90° a frio, sem apresentar fratura;
- resistência à retirada: os pregos devem possuir uma resistência à retirada imediatamente e após a sua colocação.

Além disso, não deve reagir quimicamente com os compostos utilizados para o tratamento das juntas e com o material de acabamento que a chapa de gesso receberá.

Com relação às características dimensionais, a ASTM C 514 [ASTM, 1994a] estabelece:

- *cabeça*: o diâmetro das cabeças deve ser menor que 9,8 mm e maior que 6,0 mm. Deve ter uma espessura de 0,4 mm na periferia, pode ser côncava ou plana, e não deve conter partes afiadas nem saliências;

- *corpo*: o diâmetro deve ser igual ou maior a 1,93 mm, permitindo uma variação de $\pm 0,08$ mm;
- *ponta*: os pregos devem possuir uma ponta em formato de diamante ou agulha, com comprimento médio ou longo.

Na França, os pregos para fixação das chapas de gesso aos componentes de madeira devem apresentar as seguintes características, de acordo com a DTU 25.41 [CSTB, 1981]:

- corpo cilíndrico, podendo ser liso ou ranhurado;
- diâmetro da cabeça de 6,5 mm;
- diâmetro do corpo de 2,7 mm;
- ser de aço galvanizado, com camada de galvanização de 90 g/m².

Na Inglaterra, os pregos são de aço galvanizado e devem possuir diâmetros de 7,0 mm (cabeça) e 2,5 mm (corpo) [BSI, 1995].

FERGUSON [1996] recomenda que os pregos penetrem na estrutura de madeira pelo menos 19 mm (3/4"). O autor ressalta ainda que o potencial de fixação será reduzido caso a face da chapa esteja danificada, de modo que deve-se evitar descascar o cartão ou afundar o prego, para que a região do gesso não fique danificada.

A figura 3.6 ilustra os tipos de pregos comercializados nos Estados Unidos. Porém, não há especificação para a situação mais adequada em que cada componente deve ser empregado.

FIGURA 3.4: Tipos de pregos comercializados nos Estados Unidos para a fixação das chapas de gesso nos montantes de madeira [GA, 1986].

Com relação aos parafusos, o catálogo da PLACO DO BRASIL [s.d.] define-os como um componente “auto atarrachante, com cabeça de trombeta, para a fixação das chapas ao componente de madeira ou metálico”.

Para FERGUSON [1996], a utilização de parafusos é mais vantajosa que a de pregos, devido à rapidez na aplicação, além de provocar menos danos às chapas de gesso.

Assim como os pregos, para a montagem da divisória deve-se utilizar parafusos específicos para fixar as chapas de gesso. Segundo o catálogo da LAFARGE PLASTERBOARD [s.d.], os parafusos possuem uma ponta afiada para penetrar tanto na chapa como no perfil metálico e o corpo possui uma rosca para melhorar a fixação.

Para que os parafusos não sofram corrosão, o CSTB [1981] e a BS 8212 [BSI, 1995] prescrevem que esses devem ter uma proteção por meio de fosfatização ou camada de cádmio.

A norma americana ASTM C 1002 [ASTM, 1993b] prescreve os seguintes requisitos que os parafusos devem atender:

- devem receber um tratamento anti-oxidante, mas esse tratamento não deve prejudicar a aderência do material de tratamento das juntas;
- devem ter ductilidade suficiente para resistir a uma dobra de 15°, sem sinal de fratura.

De acordo com o componente que servirá de suporte à fixação da chapa de gesso, deve-se utilizar parafusos específicos. Nos Estados Unidos, a ASTM C1002 [ASTM, 1993b] classifica os parafusos como sendo do tipo “W”, que são aqueles apropriados para fixar a chapa de gesso sobre uma estrutura suporte de madeira; tipo “S”, quando o parafuso for destinado a fixar a chapa de gesso sobre um perfil metálico; e tipo “G”, quando uma chapa de gesso for fixada sobre outra chapa de gesso. A figura 3.7 ilustra os vários tipos de parafusos.

Através da figura 3.7 é possível observar que os parafusos possuem cabeça tipo “*Phillips*”. Esse componente foi designado dessa forma para facilitar o manuseio com a parafusadeira, que possui ponta magnética.

Como princípio, os pregos e parafusos de fixação devem ter comprimento suficiente para penetrarem nas estruturas suporte da divisória a uma profundidade tal que os mesmos tenham uma resistência suficiente à sua

retirada. Nesse sentido, FERGUSON [1996] descreve que o corpo dos parafusos tipo "W" deve ser longo o suficiente para penetrar no componente de madeira pelo menos 16 mm (5/8"). O parafusos tipo "S" possuem rosca com passo menor que os parafusos tipo "W" e devem penetrar pelo menos 95 mm (3/8") no perfil metálico.

FIGURA 3.5: Tipos de parafusos comercializados nos Estados Unidos [adaptado de GA, 1986].

Tais medidas não diferem muito das recomendações da PLACO DO BRASIL [s.d.], a qual recomenda que o tamanho do parafuso deve corresponder à espessura da chapa de gesso aumentado de 10 mm, para o caso dos perfis metálicos, e deve-se aumentar 20 mm para o caso de componentes de madeira. O comprimento dos parafusos comercializados no Brasil variam de 25 mm a 140 mm.

Quanto às características geométricas dos parafusos, a ASTM C 1002 [ASTM, 1993b] prescreve algumas condições, as quais são apresentadas na tabela 3.9.

Assim como o prego, durante a fixação, deve-se atentar para que a cabeça do parafuso fique nivelada com a face do cartão, conforme ilustrado na figura 3.8.

TABELA 3.9: Características geométrica dos parafusos [adaptado de ASTM, 1993b].

	Tipo de parafuso		
	W	S	G
Cabeça	diâmetro não deve apresentar desvio superior a 0,51mm		
		Plana ou côncava Diâmetro $\geq 11,1\text{mm}$	Plana Diâmetro $\geq 8\text{mm}$
Corpo	Diâmetro $\geq 3,45\text{ mm}$		

A cabeça do parafuso não pode ficar saliente, para não comprometer o acabamento, e também não pode ficar reentrante, pois a cabeça do parafuso deve estar fixada no cartão, que vai resistir aos esforços requeridos.

FIGURA 3.6: Posicionamento do parafuso na chapa de gesso [PLACO DO BRASIL, s.d.].

3.1.3 Materiais para tratamento das juntas entre as chapas

Para evitar que após o acabamento final da divisória (pintura, por exemplo) o aspecto seja de um elemento modular, realiza-se o tratamento das juntas entre as chapas de gesso.

Os materiais necessários para a realização dessa atividade são: massas para tratamento das juntas e fitas de reforço, os quais serão caracterizados na sequência.

3.1.4.1 Massas para tratamento das juntas

Existem no mercado uma variedade de massas para tratamento das juntas entre as chapas, sendo importante conhecer suas características para realizar a escolha do material mais adequado de acordo com a situação.

A norma americana ASTM C 475 [ASTM, 1994b], referente à massa para tratamento das juntas entre as chapas de gesso, define as seguintes características que o material deve cumprir:

- não deve apresentar fissuras após o seu endurecimento;
- não deve sofrer putrefação em menos de 4 dias³;
- não deve retrair mais que 35% de seu volume inicial.

Para que o material atenda a esses critérios, é necessário haver controle durante o processo de fabricação. Segundo o CSTB [1993a; 1993b; 1994a; 1994b; 1994c; 1996], os seguintes itens devem ser controlados durante o processo de fabricação desse material. Ressalta-se, porém, que não são apresentados os valores numéricos admissíveis:

³ Com relação a esse aspecto, a ASTM C 475 não fornece maiores detalhes, mas acredita-se que essa situação seja referente às massas que já vêm prontas para serem usadas e que, após abertas, não devem apodrecer num período de até 4 dias

- controle da massa unitária;
- controle da granulometria, para o caso do material ser fornecido em pó;
- viscosidade, para o caso do material ser fornecido em pasta;
- retenção de água;
- tempo de pega;
- comportamento frente à reumidificação;
- PH do material.

Segundo o catálogo da KNAUF [s.d.], as massas para tratamento das juntas são à base de gesso e possuem aditivos.

MITIDIERI FILHO [1997] descreve também que essas massas são compostas por gesso e aditivos que conferem maior trabalhabilidade e plasticidade à massa e, conforme o teor de aditivos, o endurecimento pode ocorrer rapidamente ou não.

Porém, a associação americana GYPSUM ASSOCIATION [1986] recomenda que a massa para tratamento das juntas seja à base de adesivos orgânicos ou resinas sintéticas, pois assim se obtém uma resistência maior às deformações entre chapas e também um maior poder de aderência após a secagem da massa.

No catálogo da NATIONAL GYPSUM [NG, 1996] observa-se que algumas massas para rejunte são especificadas como sendo à base de resina vinílica,

não se encontrando nenhuma referência quanto ao fato desse material ser à base de gesso.

Já no catálogo da Lafarge [LAFARGE PLASTERBOARD, s.d.], as massas para rejunte comercializadas sob forma de pó são descritas como sendo à base de gesso e as massas prontas para uso, à base de resinas vinílicas.

Para realizar a escolha do tipo de massa mais adequada para o tratamento das juntas, acredita-se que seja importante conhecer a sua composição, bem como suas características, optando-se pela massa que melhor atende às condições a que a divisória ficará submetida.

Assim, numa situação em que a divisória estiver sujeita a muita deformação, deve-se empregar massas compostas por resinas orgânicas, pois essas são mais resilientes que o gesso.

Porém, normalmente a escolha da massa tem sido balizada somente considerando-se o seu tempo de endurecimento, sendo as massas de pega rápida as mais empregadas, tanto no Brasil como em outros países. Podem ser preparadas na obra, adicionando-se água ao pó, mas também encontram-se disponíveis massas prontas para uso.

A vantagem das massas prontas é que apresentam uma consistência uniforme, não dependendo da forma como é misturada.

Com relação à massa preparada na obra FERGUSON [1996] destaca que, de acordo com o tipo utilizado, pode-se obter um composto com diferentes características.

Nos Estados Unidos, os materiais para a execução da primeira camada de tratamento das juntas, por exemplo, possuem pouca retração na secagem e maior resistência a fissuras, se comparados aos materiais para a execução da camada final. A camada final, por sua vez, proporciona um acabamento mais liso e seca com maior rapidez.

Existe também uma massa que pode ser utilizada para todas as camadas do tratamento das juntas, sendo a mais utilizada, pois torna o serviço mais produtivo. Porém, o desempenho desse material é inferior quando comparado ao proporcionado pelos materiais específicos para cada camada [FERGUSON, 1996].

A GYPSUM ASSOCIATION [1986] ressalta que durante a secagem, a perda de água causa uma retração na massa para tratamento das juntas. Dessa forma, é importante que essa esteja completamente seca antes da aplicação da próxima camada de massa, para que essa última camada não absorva a deformação da camada anterior.

A GYPSUM ASSOCIATION [1986] destaca ainda que as massas para tratamento das juntas à base de resinas vinílicas têm um tempo de endurecimento superior às massas à base de outros adesivos orgânicos.

Além da composição da massa, a temperatura ambiente e a umidade relativa são fatores que influenciam no endurecimento da massa. A tabela 3.10 mostra o tempo de secagem de uma massa pronta para tratamento das juntas, sem a necessidade de se adicionar água.

TABELA 3.10: Tempo de secagem da massa para rejuntamento [NG, 1996].

U. R (%)	Temperatura (° C)						
	0	4,5	10	15,5	21	27	38
0	38 h	28 h	19 h	13 h	9 h	6 h	3 h
20	2 d	34 h	23 h	16 h	11 h	8 h	4 h
40	2,5 d	44 h	29 h	20 h	14 h	10 h	5 h
50	3 d	2 d	36 h	24 h	17 h	12 h	6 h
60	3,5 d	2,5 d	42 h	29 h	20 h	13,5 h	8 h
70	4,5 d	3,5 d	2,25 d	38 h	26 h	19,5 h	10 h
80	7 d	4,5 d	3,25 d	2,25 d	38 h	27 h	14 h
90	13 d	9 d	6 d	4,5 d	3 d	49 h	26 h
98	53 d	37 d	26 d	18 d	12 d	9 d	5 d

U.R = Umidade Relativa

d = dias

h = horas

No Brasil, as massas para tratamento das juntas são comercializadas pelos fabricantes de chapas de gesso acartonado e, embora não esteja especificado nos seus catálogos, acredita-se que esses materiais são aqueles destinados a todas as camadas do rejuntamento. A variedade encontrada é apresentada nas tabelas 3.11, 3.12 e 3.13 a seguir.

Nas obras visitadas, observou-se, na maioria das vezes, o emprego da massa para rejunte em pó, de pega rápida, acondicionada em sacos de 25kg. O mesmo material foi utilizado em todas as camadas do rejuntamento.

O CSTB realizou vários ensaios com as massas para rejunte, sendo apresentadas na tabela 3.14 as características de algumas das massas disponíveis no Brasil, não havendo, porém, referência sobre os métodos utilizados para a obtenção dos resultados.

3.1.4.2 Fitas para juntas

Essas fitas são utilizadas para reforçar as juntas formadas no encontro de duas ou mais chapas, para reforçar os cantos e também para o reparo de fissuras.

TABELA 3.11: Tipos de massa para rejunte comercializados pela Placo do Brasil [PLACO DO BRASIL, s.d.].

Nome do produto	Uso	Tempo de utilização	Tempo segunda aplicação	Embalagem
Placo PR	- Indicada para pequenos reparos: pega rápida	Informações não fornecidas no catálogo	4 horas	Saco de 5kg ou 25kg
Placo SN	- Temperatura ambiente: pega comum		Informações não fornecidas no catálogo	Saco de 25kg
Placomix	- Massa pronta para uso, não sendo fornecido o tempo de pega e a situação mais adequada para seu uso		6-8 horas	Balde de 5kg ou 25kg

TABELA 3.12: Tipos de massa para tratamento das juntas comercializada pela Lafarge Gesso [LAFARGE GESSO, 1996].

Nome do produto	Uso	Tempo de utilização	Tempo segunda aplicação	Embalagem
Pregylsys 35 PR	- Tempo frio e úmido: pega rápida	2-3h	2-3h	Saco de 10kg ou 25kg
Pregylsys 45 PR	- Temperatura ambiente: pega comum	7-9h	12-24h	Saco de 25kg
Pregylsys 55s	- Pode ser aplicada com máquina: pega lenta	Informações não fornecidas no catálogo	24-48h	Saco de 25kg
Pregylsys 75s	- Acabamento sofisticado - Pode ser aplicada com máquina: pega lenta		24-48h	Saco de 5kg ou 25kg
Pregylsys 85 PE	- Acabamento refinado - Pode ser aplicada com máquina: pega lenta		24-48h	Balde de 5kg ou 25kg

TABELA 3.13: Tipos de massa para tratamento das juntas comercializados pela KNAUF do Brasil [KNAUF; SENAI, 1999].

Nome do produto	Uso	Tempo de utilização	Tempo para segunda aplicação	Embalagem
Joint-Filler Super	- Pode ser aplicada com máquina: pega lenta	-	Informações não fornecidas no catálogo	Saco de 20kg
Fugenfüller Leicht	- Recomendado para enchimento de falhas em chapas de gesso, devendo ser aplicada de forma manual: pega rápida	30 minutos		Saco de 10kg
Perlfix	- Recomendado para chapas de gesso que vem com isolante termo-acústico aderido à chapa: pega rápida	30 minutos		Saco de 30 kg
Uniflott	- Para ser utilizada sem fita para junta	Informações não fornecidas no catálogo		Saco de 25 kg
EJ5	- Pode ser aplicada com máquina: pega comum		24 horas	Saco de 25 kg
EJPE	- Pode ser aplicada com máquina: pega comum		24 horas	Balde de 25 kg
Perlcon Fugenspachtel	- Para ser aplicada em juntas de chapas cimentícias		-	-

Segundo a ASTM C 475 [1994b], as fitas para juntas devem ter espessura menor ou igual a 0,30 mm, largura entre 47,6 mm e 57,2 mm, permitindo-se variação de $\pm 0,8$ mm na sua largura.

Além disso, essa norma estabelece ainda que as fitas devem possuir resistência à tração superior a 524 N/mm, quando aplicada na sua direção transversal. Não devem se expandir mais que 0,4% na direção longitudinal e 2,5% na direção transversal. Após a aplicação, a fita deve ter pelo menos 90% de sua área aderida à massa para tratamento das juntas.

TABELA 3.14: Características das massas para tratamento das juntas comercializadas no Brasil [CSTB 1993a; 1993b; 1994a; 1994b; 1994c; 1996].

Nome do produto	Composição	Massa unitária (kg/dm ³)	Retenção de água (%)	PH
Pregylsys 45 PR	Pó composto por cargas minerais, agentes colantes, agentes espessantes, retentor de água e regulador de pega	$0,80 \pm 0,05$	94	8 ± 1
Pregylsys 75	Pó composto por cargas minerais, agentes colantes e retentor de água.	$0,84 \pm 0,05$	95	$8,2 \pm 0,5$
Pregylsys 85	Pasta composta por cargas minerais e água	$1,6 \pm 0,05$	95	$8,5 \pm 1$
Placo PR	Pó composto por gesso, cargas minerais, ligantes orgânicos, retentor de água e retardador de pega	$0,80 \pm 0,05$	91	$7,5 \pm 1$
Placo SN	Pó composto por cargas minerais e produtos orgânicos	$0,80 \pm 0,05$	98	$10 \pm 0,5$
Placomix	Pasta composta por cargas minerais, produtos orgânicos e água	$1,6 \pm 0,05$	96	8 ± 1

Nos Estados Unidos, existem dois tipos de fitas: fita de papel e véu de fibra de vidro.

Os véus de fibra de vidro são largamente utilizados para reforçar as juntas entre as chapas, reparar fissuras e pequenos buracos nas chapas de gesso. Porém, esse material não é recomendado para ser utilizado como reforços nos cantos internos da divisória, pois é difícil de ser dobrada e, além disso, a espátula pode cortar o véu quando da execução do tratamento das juntas [FERGUSON, 1996].

De acordo com a NATIONAL GYPSUM [NG, 1996], o véu de fibra de vidro é comercializado em rolos com 38 mm e 50 mm de largura e 91,44 m (300 ft) de comprimento. É possível encontrar dois tipos de véus de fibra de vidro: auto-adesivos, que são simplesmente pressionados sobre as juntas e os não adesivos.

Os véus não adesivos possuem um custo menor; porém, apresentam uma dificuldade maior para trabalhar se comparado aos auto-adesivos. Quando da utilização desse último, deve-se tomar o cuidado para não deixar a face adesiva exposta ao ar, para evitar que o adesivo fique seco [FERGUSON, 1996].

Com relação às fitas de papel, o CSTB [CSTB, 1996] descreve que essas são microperfuradas por meio de partículas elétricas ou mecanicamente, através da utilização de agulhas.

Essas perfurações são feitas para que a fita tenha uma maior aderência quando em contato com a massa para rejunte.

A fita possui também um vinco central por todo o seu comprimento, para facilitar o trabalho de tratamento das juntas nos cantos internos das divisórias.

Segundo FERGUSON [1996], as fitas de papel possuem uma série de vantagens sobre os véus de fibra de vidro:

- possuem maior resistência que os véus de fibra de vidro, quando submetidas aos esforços de deformação;
- podem ser rasgadas manualmente, sem auxílio de ferramenta;

- em cantos internos, a utilização de fitas torna o serviço mais fácil;
- o custo das fitas é menor, se comparado ao dos véus.

Apesar de todas as vantagens apresentadas pelas fitas de papel, os véus de fibra de vidro são utilizados com maior frequência nos Estados Unidos, pois a produtividade do serviço é maior [FERGUSON, 1996].

No Brasil é possível encontrar as fitas de papel em rolos de 23m e 150m e largura de 52,5 mm [PLACO DO BRASIL, s.d.; LAFARGE GESSO, 1996], e os véus de fibra de vidro não são comercializados.

Além do emprego de fitas microperfuradas, são utilizadas no Brasil as fitas de papel kraft, que possuem ambas as superfícies lisas.

Essa fita de papel kraft não é indicada para ser empregada nas juntas entre as chapas de gesso, pois além de ser pouco absorvente, não possui perfurações, prejudicando a capacidade de aderência da fita à massa para tratamento das juntas. Apesar de não ser recomendada pelos fabricantes de chapas de gesso, essas fitas são empregadas devido ao seu custo, que é inferior ao das fitas microperfuradas.

No caso do reforço em cantos externos, recomenda-se a utilização de um outro tipo de fita que possui uma tira metálica aderida ao papel microperfurado.

Essa tira metálica, segundo a LAFARGE PLASTERBOARD [s.d.] deve ser de aço galvanizado, para que não haja problema de corrosão.

Para reforço de canto externo pode-se empregar também uma cantoneira de aço galvanizado, que possui orifícios para possibilitar melhor aderência entre a massa de rejunte e a cantoneira.

3.1.4 Materiais para isolamento termo-acústico

Para melhorar o desempenho termo-acústico da divisória, pode-se utilizar material isolante no seu “miolo”, sendo comum o emprego de lã de rocha ou lã de vidro.

Ambos os materiais são constituídos por fibras, sendo que diferem entre si quanto à matéria prima básica e quanto ao processo de fabricação [ISOVER SAINT GOBAIN, 1996; ROCKFIBRAS, s.d.].

A escolha pela utilização da lã de vidro ou lã de rocha no país tem sido balizada fundamentalmente pelo custo. Quanto aos parâmetros técnicos, observando-se os catálogos dos fabricantes desses materiais não há a possibilidade de se realizar comparações quanto ao desempenho de cada um.

Além disso, questionando os fabricantes sobre o desempenho de seus produtos, cada um deles destacou seu produto como tendo desempenho superior ao outro; porém, nenhum deles forneceu valores absolutos que comprovem suas afirmativas.

Através do manual de um fabricante francês de lã de vidro, observa-se pela tabela 3.15 que a lã de vidro apresenta desempenho superior em alguns aspectos, sendo superado em outros pela lã de rocha. Assim sendo, para

realizar a escolha do material mais adequado, é necessário analisar as condições em que o material isolante será submetido.

No Brasil, pelo fato do inverno não ser tão rigoroso como nos países do hemisfério Norte, os materiais isolantes vêm sendo empregados sobretudo para melhorar o desempenho acústico da divisória, que é um requisito que tem sido bastante exigido pelos usuários dos edifícios.

TABELA 3.15: Comparação entre lã de vidro e lã de rocha [ISOVER SAINT-GOBAIN, 1996].

	Resistência térmica	Resiliência	Resistência ao fogo	Resistência à água
Material de melhor desempenho	Similar	Lã de vidro	Lã de rocha	Similar

Os valores do coeficiente de absorção do som, obtidos quando se emprega lã de vidro ou de rocha, dependem de vários fatores: tamanho dos poros do material; porcentagem de abertura dos poros comparado com a área total; densidade do material absorvente; espessura do material absorvente e profundidade do espaço (vazio) atrás do material absorvente [HARRIS, 1994].

As lãs de vidro comercializadas no Brasil são fornecidas com as características apresentadas na tabela 3.16.

Um inconveniente com relação à lã de vidro é que essa é fornecida com largura de 1,20 m. Como será visto no capítulo 4, os montantes geralmente estão espaçados a cada 0,60 m, havendo a necessidade de cortar a lã de vidro ao meio, representando um trabalho a mais ao montador da divisória.

TABELA 3.16: Características da lã de vidro fornecidas no Brasil [ISOVER-SANTA MARINA, s.d.].

Cód. de referência	Densidade (kg/m ³)	Espessura (mm)	Comprimento (m)	Largura (m)
WF-12	12	50	12,5	1,20
		75	10,0	
		100	7,5	
WF-16	16	50	12,5	1,20
		75	10,0	
		100	7,5	
WF-20	20	50	12,5	1,20
		75	10,0	
		100	7,5	

Segundo o catálogo do fabricante de lã de vidro, esses materiais foram “desenvolvidos para a utilização em paredes de painéis de gesso” [ISOVER-SANTA MARINA, s.d.]. Sendo assim, o fabricante poderia disponibilizar no mercado o produto já com a largura usual em que se utiliza na obra, sem haver a necessidade de se requisitar esse produto sob encomenda ou acrescentar mais uma atividade no processo de execução da divisória.

No caso da lã de rocha, os materiais são comercializados sob duas formas: painéis ou rolos. Suas características são apresentadas na tabela 3.17, baseando-se nas informações contidas no catálogo do fabricante desse material [ROCKFIBRAS, s.d.].

Um cuidado a ser observado quando da especificação do isolante termo-acústico, além da quantidade requerida de isolamento, é quanto à sua espessura, que deve ser compatível com a largura do montante.

TABELA 3.17: Características da lã de rocha fornecidas no Brasil [ROCKFIBRAS, s.d.].

	Densidade (kg/m ³)	Espessura (mm)	Comprimento (m)	Largura (m)
Painel	25 a 160	25 a 100	1,20	0,60
Rolos	32 a 48	25 a 100	3,6 e 8,0	0,60

Em outros países, além da lã mineral, é comercializado um outro material que contribui para a melhoria do desempenho acústico da divisória. Trata-se de um tipo de selante empregado para vedar as aberturas provenientes das tubulações hidráulicas e elétricas.

Esse material foi concebido principalmente para impedir a propagação do fogo através das aberturas provenientes das instalações, mas também impede a passagem de fumaça, água e poeira, além de impedir a passagem do som por essas aberturas, melhorando o desempenho acústico. É comercializado sob a forma de pó, devendo-se adicionar água para formar uma pasta [NG, 1996].

Segundo descrições contidas no catálogo do fabricante de chapa de gesso G-P GYPSUM CORPORATION [1997], esse material é composto por fibras de vidro, que melhoram a resistência às fissuras. A figura 3.9 ilustra a utilização desse material.

No Brasil, as divisórias vêm sendo executadas sem utilizar qualquer material selante ao redor das aberturas das instalações hidráulicas e elétricas, comprometendo o desempenho acústico da divisória e, no caso

da ocorrência de um incêndio, por exemplo, graves conseqüências poderão ocorrer.

FIGURA 3.7: Selante de aberturas provenientes das instalações hidráulicas e elétricas [NG, 1996].

3.1 Equipamentos e Ferramentas

Os equipamentos e ferramentas são apresentados a seguir e agrupados de acordo com sua função:

- locação;
- controle geométrico;
- corte dos materiais;

- fixação das chapas;
- transporte e elevação das chapas; e
- tratamentos das juntas entre as chapas.

3.2.1 Equipamentos e ferramentas para locação

A locação da divisória pode ser realizada utilizando-se ferramentas básicas da construção civil, como a trena, o metro, o fio de prumo e o lápis.

Pode-se utilizar também o cordão para marcação e o nível a laser, que são ferramentas mais sofisticadas e que possuem um custo maior que as outras ferramentas citadas anteriormente, porém, melhoram a produtividade do serviço.

A trena e o metro são utilizados para localizar a divisória no pavimento, a partir de algum ponto de referência (eixo da obra, por exemplo). Uma vez encontrado o local onde deverá ser elevada a divisória, utiliza-se então o lápis para marcar a posição das guias.

Para agilizar o serviço de marcação, pode-se utilizar o cordão para marcação, ilustrado na figura 3.10, que é bastante útil sobretudo para marcar linhas retas de grande comprimento.

Para utilizar essa ferramenta, inicialmente marcam-se dois pontos da reta a ser traçada e estende-se o cordão, colocando-o sobre os dois pontos marcados. O cordão deve estar tracionado e, com uma mão, levanta-se o cordão soltando-o em seguida. O giz colorido impregnado na linha deixará a marca.

FIGURA 3.8: Cordão para marcação.

Uma vez marcada a posição das guias, geralmente inferior, utiliza-se o prumo de eixo para marcar a guia superior. Para essa atividade, pode-se empregar também o nível a laser que emite feixe no eixo vertical e, para que o serviço seja produtivo, esse equipamento deve ser auto-nivelante.

3.2.2 Ferramentas para controle geométrico

Para o controle geométrico, utilizam-se: prumo de face, metro, trena, esquadro, cordão para marcação e nível a laser. A figura 3.11 ilustra o prumo de face, o metro e a trena e a figura 3.12 ilustra o esquadro.

O prumo de face é utilizado para verificar inicialmente se a guia superior encontra-se alinhada com a guia inferior. É utilizado também para verificar se

os montantes estão no prumo e, posteriormente, verificar se a divisória também encontra-se no prumo.

FIGURA 3.9: Prumo de face, trena e metro.

O metro e a trena são utilizados para medir e marcar a chapa de gesso acartonado quando houver necessidade de corte.

Para essa atividade, é aconselhável utilizar o esquadro, que confere uma melhor precisão tanto linear quanto de esquadro, além de servir como guia para riscar a chapa.

Além disso, essa ferramenta pode ser utilizada para verificar o esquadro no encontro entre duas divisórias, quando essas formarem um ângulo de 90° .

FIGURA 3.10: Esquadro.

O nível a laser permite a verificação do prumo e do esquadro da divisória e, para que o serviço se torne produtivo, o equipamento deve ser auto-nivelante e emitir raios nos três eixos.

Nas obras visitadas, verificou-se que a trena é utilizada para marcar e uma régua, ou às vezes um perfil metálico, é utilizado como guia para riscar.

Em apenas uma das obras, onde a mão-de-obra era formada em sua maioria por operários que tiveram experiência na montagem de divisória de gesso acartonado em outros países, observou-se o emprego do esquadro.

3.2.3 Equipamentos e ferramentas para corte dos materiais e componentes

Freqüentemente há a necessidade de se cortar a chapa de gesso ou o perfil metálico, para adaptá-los às dimensões do ambiente. No Brasil, as seguintes ferramentas são empregadas: estilete, serrote de ponta, serrote comum, plaina, serra copo e tesoura.

Para o corte das chapas de gesso acartonado, a ferramenta mais comum é o estilete. Para realizar o corte, inicialmente corta-se o cartão de uma das faces da chapa de gesso utilizando-se o estilete. Para garantir a linearidade, uma régua deve ser utilizada como guia. Em seguida, deve-se aplicar um golpe seco sobre o gesso acartonado. Finalmente, deve-se virar a chapa de gesso e cortar com o estilete o outro lado do cartão. O procedimento do corte das chapas com o emprego do estilete é ilustrado na figura 3.13.

FIGURA 3.11: Procedimento para o corte da chapa de gesso com estilete.

Quando há a necessidade de se cortar as chapas de gesso nas duas direções (em L, por exemplo), o serviço pode se tornar mais rápido com o emprego do serrote. Deve-se atentar para utilizar o serrote adequado, pois FERGUSON 1996] ressalta que esses serrotes são mais rígidos que os serrotes para cortar madeira, de modo que esses últimos não devem ser utilizados para cortar chapas de gesso acartonado.

Quando há a necessidade de fazer aberturas na chapa, deve-se empregar o serrote de ponta.

Após o corte das chapas, utiliza-se a plaina para a regularização das suas bordas cortadas. Apesar da mão-de-obra possuir a plaina, observa-se que nem sempre essa ferramenta é usada, mesmo quando necessária.

A serra copo é a ferramenta adequada para fazer aberturas circulares nas chapas de gesso, sendo adaptável a uma furadeira elétrica. Esse equipamento é empregado geralmente quando há a necessidade de se realizar aberturas para a passagem de tubulações hidráulicas.

Porém, os montadores têm preferido utilizar o serrote de ponta para realizar aberturas circulares. A vantagem da serra copo em relação ao serrote de ponta é a rapidez na execução da abertura, além da uniformidade no serviço, pois as aberturas ficam com o diâmetro e formato desejados.

No caso do serrote de ponta, é possível obter aberturas circulares, porém sempre há imperfeições que podem ocorrer em maior ou menor intensidade, dependendo da habilidade de quem executa. Essas ferramentas são ilustradas na figura 3.14.

FIGURA 3.12: Serrote de ponta, plaina e serra copo.

Além dessas ferramentas, existe nos Estados Unidos uma ferramenta apropriada para a realização de pequenas aberturas, como caixas de luz, por exemplo. Tal ferramenta, designada por FERGUSON [1996] como *drywall router* e ilustrada na figura 3.15, é movida a energia elétrica e possui uma ponta afiada que vai cortando a chapa de gesso à medida que se aplica pressão [FERGUSON, 1996].

Para o corte dos perfis metálicos, utiliza-se uma tesoura específica, ilustrada na figura 3.16. Essa ferramenta é comercializada por todos os fabricantes de chapas de gesso acartonado que se instalaram no país e, por se tratar de uma ferramenta básica para a execução do serviço de montagem de divisórias de gesso acartonado, seu emprego foi verificado em todas as obras visitadas.

FIGURA 3.13: Drywall router.

FIGURA 3.14: Tesoura para corte de perfis metálicos.

3.2.4 Equipamentos para a fixação dos perfis metálicos e das chapas de gesso acartonado

Para a fixação das guias sobre o piso e à laje superior, quando esses são de concreto, utiliza-se pistola de tiro à pólvora, de baixa velocidade e diferentes níveis de potência [HILTI, s.d.]. Essa ferramenta é ilustrada na figura 3.17.

FIGURA 3.15: Pistola de tiro à pólvora para fixação das guias na laje.

No caso das chapas de gesso acartonado, como já visto no item 3.1.2, essas podem ser fixadas sobre componentes de madeira ou perfis metálicos. No caso de serem fixadas sobre componentes de madeira, prática comum nos Estados Unidos e Canadá, o prego deve ser fixado com martelo apropriado a esse fim, denominado *drywall hammer* (martelo para chapas de gesso acartonado) e ilustrado na figura 3.18.

FIGURA 3.18: Martelo para chapas de gesso acartonado.

Um dos lados desse martelo é semelhante a uma machadinha, sendo composto por uma lâmina plana, que serve para extrair os pregos, e o outro lado é composto pelo martelo, que é utilizado para fixar o prego na chapa de gesso e na estrutura de madeira.

A face do martelo é convexa e deixa uma pequena depressão na superfície da chapa de gesso; porém, não rompe a camada do cartão, o que não ocorre quando se utiliza o martelo de carpinteiro, pois a face do martelo é plana. Essa depressão é encoberta posteriormente com a massa para tratamento das juntas [FERGUSON, 1996].

Segundo a GYPSUM ASSOCIATION, o emprego de parafusos para a fixação das chapas de gesso é mais usual, o que significa que o emprego do martelo vem sendo substituído pelas parafusadeiras [GA, 1986].

A parafusadeira é um equipamento movido a energia elétrica, tem um regulador de profundidade e, quando ajustado corretamente, o parafuso é fixado sem romper o cartão da chapa.

A ASTM C 1002 [1993b] classifica os equipamentos para a fixação em três tipos, a saber:

- a) tipo *W*: equipamento utilizado para fixar a chapa de gesso acartonado num componente de madeira;
- b) tipo *S*: equipamento utilizado para fixar a chapa de gesso acartonado num perfil metálico;
- c) tipo *G*: equipamento que tem como função fixar a chapa de gesso acartonado numa outra chapa de gesso acartonado.

No Brasil, as parafusadeiras tipo *S* são largamente utilizadas pelos montadores de divisórias. Esse equipamento, além da regulagem de profundidade, possui ponta magnética, variação de velocidade e inversão de rotação, sendo ilustrado na figura 3.19 [PLACO DO BRASIL, s.d.].

De acordo com informações de um dos fabricantes de parafusadeira, sua potência é de 550W, a rotação máxima é de 4300 RPM e sua massa é de 1,4 kg. Observa-se que a parafusadeira é uma ferramenta leve e, além disso, possui empunhadura anatômica, o que contribui para melhorar a produtividade do serviço [HILTI, 1998].

Nos Estados Unidos, há uma parafusadeira na qual é possível acoplar uma linha de alimentação de parafusos, de modo que não há a necessidade de

colocar um parafuso por vez no equipamento, aumentando ainda mais a produtividade do serviço [FERGUSON, 1996].

FIGURA 3.19: Parafusadeira para fixação das chapas de gesso à estrutura suporte.

Esse equipamento passou a ser comercializado recentemente no Brasil, não sendo observado ainda o seu emprego nas obras, em virtude do seu elevado custo.

3.2.5 Equipamentos e ferramentas para transporte das chapas

O transporte das chapas de gesso pode ser feito manualmente ou com o auxílio de equipamentos ou ferramentas.

Quando realizado manualmente, situação observada freqüentemente nas obras, é necessário mobilizar dois operários, que transportam aproximadamente três chapas de cada vez. Nesse caso, há o risco de não serem transportadas com o devido cuidado, podendo ocasionar quebras ou outros tipos de danos nas chapas.

É possível transportar as chapas de gesso com apenas um operário, através da utilização de uma ferramenta comercializada pelos fabricantes de chapas de gesso, ilustrada na figura 3.20. Essa ferramenta é de plástico, sendo leve e de fácil manuseio. Porém, permite que seja transportada somente duas chapas por vez, o que pode consumir bastante tempo no caso de serem empregadas muitas chapas de gesso.

FIGURA 3.20: Ferramenta para transporte manual de chapas de gesso.

Para otimizar o transporte das chapas de gesso, a construtora “Hauer”, de Curitiba, desenvolveu um carrinho específico, permitindo que um operário transporte adequadamente várias chapas de gesso, otimizando o tempo de transporte horizontal e reduzindo o risco de danificar as chapas durante essa atividade. Esse carrinho é ilustrado na figura 3.21.

FIGURA 3.21: Carrinho para transporte de chapas de gesso, desenvolvido pela construtora “Hauer”.

3.2.6 Equipamentos e ferramentas para auxiliar no posicionamento das chapas durante a execução

Durante a fixação das chapas de gesso à estrutura suporte, é importante que as mesmas estejam posicionadas corretamente.

Uma situação que não pode ocorrer, por exemplo, é fixar as chapas de gesso e essas ficarem em contato direto com o piso.

Dessa forma, para que as chapas de gesso sejam fixadas niveladas e afastadas do piso, pode-se utilizar os seguintes equipamentos e ferramentas, comercializados pelos fabricantes de chapas de gesso:

- pedal para elevar a chapa;
- levantador de chapa; e
- elevador de chapa.

O pedal é composto basicamente por uma chapa metálica, na qual é fixada um apoio. Para utilizar essa ferramenta, ilustrada na figura 3.22, inicialmente a chapa de gesso deve estar sobre uma das extremidades do pedal e, pisando na sua extremidade oposta, ajusta-se a altura que a chapa de gesso será fixada.

FIGURA 3.22: Pedal para elevar a chapa de gesso: (a) ajustando o pedal à chapa; (b) elevando a chapa de gesso.

Em uma das obras visitadas, observou-se o emprego de pé de cabra como um substituto do pedal. O emprego dessa ferramenta não é recomendado, pois

dependendo da forma como se manuseia a chapa de gesso, a região que fica apoiada sobre o pé de cabra pode se danificar.

Com relação ao levantador de chapa, esse é composto por uma base e um cabo, ambos metálicos. Possui ainda um calço que desliza ao longo do cabo, podendo ser metálico ou de plástico. O pé de cabra e o levantador de chapa são ilustrados na figura 3.23.

Para utilizar essa ferramenta, a chapa de gesso deve estar apoiada sobre a base do levantador. Movimentando-se o calço que desliza sobre o cabo, ajusta-se a altura da chapa de gesso.

FIGURA 3.23: Pé de cabra (não recomendado) e levantador de chapa.

O fechamento da chapa de gesso torna-se mais simples com o emprego do levantador de chapa, pois não há a necessidade do operário fazer esforço para

manter a chapa levantada, ao mesmo tempo em que essa é fixada nos montantes, situação que ocorre quando se utiliza o pedal.

Assim como o pedal, o levantador de chapa pode ser carregado manualmente, devido à sua leveza e dimensões reduzidas. Porém, para que a chapa de gesso fique nivelada, é recomendável que as chapas sejam apoiadas pelo menos em dois pontos, necessitando de dois operários para a realização desse serviço, o que não vem ocorrendo na prática.

Para posicionar as chapas de gesso numa altura em que é necessário se utilizar o andaime, aproximadamente a 1,60m, há um equipamento comercializado nos Estados Unidos denominado elevador de chapas.

Segundo o catálogo do fabricante desse equipamento, o elevador levanta a chapa de gesso até uma altura máxima de 3,35m, possui um tripé com rodas e uma única pessoa opera o equipamento, posicionando a chapa de gesso no local e na posição desejados, sem necessidade de grande esforço físico [TELPRO INC., 1998].

Esse equipamento, ilustrado na figura 3.24, é totalmente desmontável, não necessitando de ferramentas para sua montagem. Como desvantagem, destaca-se o espaço necessário para a sua utilização e a sua massa, que é de 45 kg, não sendo muito prático o seu transporte de forma manual.

Um dos fabricantes de chapas de gesso no Brasil também comercializa o elevador de chapas, porém esse equipamento é destinado somente para fixar as chapas nos tetos [KNAUF, s.d.].

FIGURA 3.24: Elevador de chapa [TELPRO INC., 1998].

3.2.7 Equipamentos e ferramentas para o tratamento das juntas entre as chapas de gesso acartonado

Para realizar o tratamento das juntas no encontro das chapas de gesso acartonado, basicamente deve-se preparar a massa para rejunte, aplicando-a posteriormente, além de aplicar a fita apropriada. As atividades envolvidas para a realização do rejuntamento serão apresentadas no capítulo 4.

Quando o material para tratamento das juntas for adquirido sob a forma de pó, há a necessidade de adicionar água até que a massa atinja uma consistência que permita trabalhabilidade adequada.

A mistura do pó com a água pode ser feita manualmente ou utilizando-se o agitador de massa, que consiste numa hélice metálica acoplada à furadeira elétrica.

Para as massas que já vêm prontas para uso, FERGUSON [1996] recomenda que também sejam misturadas, para que fiquem homogênea. Nesse caso, pode-se utilizar uma ferramenta manual, semelhante à hélice de uma batedeira de uso doméstico. Essas ferramentas são ilustradas na figura 3.25.

FIGURA 3.25: Misturador de massa manual e misturador acoplado à furadeira elétrica.

No Brasil, os três fabricantes de chapas de gesso aqui instalados comercializam o agitador de massa que pode ser acoplado à furadeira elétrica.

Porém, observa-se na maioria das obras visitadas, que a massa é preparada manualmente, sendo misturadas com espátulas e, no caso do emprego de massas prontas, essas não costumam ser homogeneizadas.

Para a aplicação da massa de rejunte na divisória, utiliza-se basicamente espátulas e desempenadeiras, sendo possível encontrar em outros países uma enorme variedade de tipos e tamanhos de cada uma dessas ferramentas.

Segundo FERGUSON [1996], existem basicamente três tipos de espátulas, de diversos tamanhos e adequados para diferentes aplicações, que são ilustradas na figura 3.26:

- **espátulas de uso tradicional:** ferramenta utilizada para cobrir com massa as juntas entre as chapas de gesso, as quinas das divisórias e as cabeças dos pregos e dos parafusos. São disponíveis nas larguras de 2,54 a 15,24 cm (1" a 6"). A espátula de largura maior é utilizada para cobrir as cabeças dos pregos e dos parafusos, ao passo que as espátulas de largura menor são empregadas nas áreas estreitas (por exemplo, o espaço entre o batente e o canto da divisória);
- **espátula curvada:** essa ferramenta é semelhante a uma desempenadeira de aço e possui uma pequena curvatura no comprimento da lâmina (aproximadamente 4mm – 5/32"). São disponíveis nos comprimentos de 25,4 e 35,56 cm (10" a 14") e largura de 10,16 e 11,43 cm (4" e 4½"). De acordo com um dos fabricantes americano de ferramentas para a montagem das divisórias de gesso acartonado [MARSHALLTOWN, 1998], a

FIGURA 3.26: Ferramentas para tratamento das juntas: espátulas de uso tradicional, espátula curvada, espátula de grande largura e espátula para cantos.

espátula curvada possui uma suave curvatura côncava que ajuda a corrigir pequenas imperfeições de planicidade na superfície da divisória;

- **espátula de grande largura:** essa ferramenta é semelhante às espátulas de uso tradicional, porém, o cabo de madeira se prolonga sobre a lâmina para obter maior rigidez. É utilizada para dar o acabamento em grandes áreas, ou na interseção de juntas. São disponíveis nas larguras de 25,4 e 60,96 cm (10" a 24").

Nos Estados Unidos, MARSHALLTOWN destaca em seu catálogo [MARSHALLTOWN, 1998] ser comum o emprego de uma ferramenta chamada "*Hawk*" durante o tratamento das juntas entre as chapas de gesso acartonado.

Essa ferramenta é utilizada para armazenar a massa para tratamento das juntas e consiste numa chapa de seção quadrada com ranhuras circulares, para evitar que ocorra o deslizamento da massa. Possui um cabo curto embaixo dessa chapa, o qual serve para segurar essa ferramenta.

Essa ferramenta deve ser leve, motivo pelo qual são utilizadas chapas de alumínio ou magnésio. É possível encontrar essa ferramenta nas dimensões de 20,32 a 35,56 cm (8" a 14").

No Brasil, o *hawk* não é comercializado e, em algumas obras visitadas, observou-se o emprego de bandejas de aço inox, que são utilizadas com a mesma finalidade que o "*hawk*".

No caso das quinas nas divisórias, pode-se utilizar a espátula para cantos internos e aquela para cantos externos. Essas espátulas são de aço inoxidável,

sendo bastante flexíveis [MARSHALLTOWN, 1998]. Nos catálogos da KNAUF [s.d.] e PLACO DO BRASIL [s.d.] observa-se que são comercializadas no Brasil somente as espátulas para cantos internos.

Pelo fato dessas espátulas serem flexíveis, a ferramenta adequada para aplicar a massa nos cantos internos possui um ângulo de 103° , de modo que, com a pressão exercida durante a aplicação da massa para tratamento das juntas, a espátula forma um ângulo de 90° . Já a espátula adequada para os cantos externos possui um ângulo de 80° [MARSHALLTOWN, 1998].

No Brasil, comercializam-se espátulas de 10 e 15 cm de largura; as espátulas de grande largura são disponíveis nas dimensões de 20 e 25 cm de largura; espátula curvada com 28 cm de comprimento e espátula de canto para tratamento de ângulo interno [KNAUF, s.d.; PLACO DO BRASIL, s.d.].

Apesar da variedade de ferramentas disponíveis, observou-se na maioria das obras visitadas que somente a espátula e a desempenadeira de aço são efetivamente utilizadas. Para o armazenamento da massa de rejunte, quando não havia na obra a bandeja de aço inoxidável, a desempenadeira era empregada, desempenhando a função do *hawk*.

O tratamento das quinas das divisórias é feito, na grande maioria das vezes, com a espátula de uso comum, e a verificação do esquadro nessa região é realizada de forma visual. Em apenas uma das obras visitadas, observou-se o emprego da espátula para cantos para o rejuntamento de cantos internos.

Quanto à atividade de aplicação da fita no encontro entre as chapas, essa pode ser feita manualmente, ou com auxílio de equipamentos e ferramentas.

Uma ferramenta simples, a qual vem sendo empregada em várias obras visitadas, consiste na utilização de um carretel que fica preso na cintura do montador. Nesse carretel, coloca-se o rolo da fita para rejuntamento, de modo que a aplicação da fita torna-se mais fácil, além de aumentar a produtividade do serviço.

Para essa atividade pode-se utilizar também a “bazooka”, que é um equipamento que aplica massa e fita simultaneamente, elevando a produtividade do serviço. Em apenas uma das obras visitadas observou-se o emprego da “bazooka”, não sendo ainda usual o seu emprego nas obras brasileiras devido ao seu custo, além da necessidade de se empregar massa específica. A “bazooka” e o carretel são ilustrados na figura 3.27.

FIGURA 3.27: Carretel para colocação da fita para tratamento das juntas e bazooka.

Neste capítulo, mostrou-se os materiais, componentes, equipamentos e ferramentas disponíveis para a execução das divisórias de gesso acartonado.

Pode-se dizer que atualmente no país há uma pequena variedade de materiais e equipamentos que são comercializados, se comparada à gama de materiais existentes nos outros países. Essa mesma observação é válida para as ferramentas e equipamentos, observando-se que é empregado somente o básico para a execução do serviço.

Uma vez conhecidos os materiais, componentes, equipamentos e ferramentas utilizados para a execução da divisória de gesso acartonado, descreve-se no próximo capítulo o processo de execução das divisórias de gesso acartonado, baseando-se sobretudo na bibliografia disponível, nos catálogos fornecidos pelos fabricantes de chapas de gesso acartonado e no levantamento feito nos canteiros de obras, através das visitas realizadas aos empreendimentos onde foi empregado esse sistema de vedação.

CAPÍTULO 4

MÉTODO CONSTRUTIVO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS DE CHAPAS DE GESSO ACARTONADO

A montagem das divisórias de gesso acartonado envolve várias atividades. Consultando os catálogos e manuais dos fabricantes nacionais de chapas de gesso acartonado [KNAUF, s.d.; KNAUF; SENAI, 1999; LAFARGE GESSO, 1996; PLACO DO BRASIL, s.d.] percebe-se que, embora os procedimentos para execução da divisória sejam descritos, os mesmos aparecem de forma bastante sucinta e enfocam somente a divisória, não considerando os outros subsistemas que interagem com ela.

Além disso, observou-se durante as visitas em obras que há muitas dúvidas acerca dos detalhes técnicos e de execução, tanto por parte dos engenheiros como pelos montadores, que não são esclarecidas nos catálogos.

Diante dessa falta de conhecimento, muitos detalhes de execução são realizados de forma incorreta, não sendo percebidos pela gerência da obra.

Dessa forma, o presente capítulo apresenta os procedimentos para a execução das divisórias de gesso acartonado, baseando-se sobretudo nas normas estrangeiras e nos manuais dos fabricantes de chapas de gesso. São relatadas

também as situações observadas nas obras visitadas, cujas características específicas encontram-se no Anexo A.

4.1 Condições de Início

Inicialmente, é importante que no pavimento onde será montada a divisória, todos os serviços em que se utiliza água estejam finalizados e os períodos de cura vencidos, como por exemplo a execução das estruturas de concreto, alvenaria, contrapisos, revestimentos de argamassa em área interna e revestimentos de gesso.

O ambiente deve estar seco e protegido contra a entrada da água de chuva e o piso deve estar devidamente nivelado.

Além disso, as saídas das tubulações elétricas pelas lajes devem estar devidamente posicionadas, recomendando-se que as prumadas das instalações hidráulicas e sanitárias também tenham sido realizadas, para evitar que a execução desses serviços prejudiquem a montagem da divisória.

Os controles desses serviços (estrutura, alvenaria, revestimentos, contrapiso e saída de instalações) devem ter sido realizados e liberados para a execução das próximas atividades, devendo-se definir as ações necessárias para efetuar as compensações caso haja alguma não conformidade de acordo com o controle pré-estabelecido.

As áreas para o armazenamento dos materiais e componentes necessários para a montagem da divisória devem estar definidas, sendo preferível que esses sejam estocados nos pavimentos, para evitar o duplo transporte. Nesse

caso, é importante conhecer previamente a quantidade necessária dos materiais e componentes que serão utilizados em cada pavimento.

Após a verificação dessas condições, pode-se iniciar a execução da divisória.

Independente da largura, da espessura ou do tipo de chapa de gesso a ser utilizada, pode-se dividir a montagem da divisória em seis etapas básicas, a saber:

- a) locação e fixação das guias;
- b) colocação dos montantes;
- c) fechamento da primeira face da divisória;
- d) fechamento da segunda face da divisória;
- e) tratamento das juntas;
- f) acabamento final.

A colocação de reforços, a execução das instalações e o preenchimento com isolante termo-acústico são atividades que podem ocorrer ou não, dependendo das características da divisória e dos projetos de instalações.

A figura 4.1 ilustra esquematicamente essas etapas e a sequência de execução.

FIGURA 4.1: Etapas de execução da divisória de gesso acartonado.

4.2 Locação e Fixação das Guias

A atividade de locação das guias é de extrema importância e exige precisão durante sua realização, pois determinará o posicionamento da divisória, a qual não permite que os erros de locação sejam compensados com camadas de argamassa.

Uma vez que dentro da divisória pode haver a passagem de instalações, a precisão na sua locação e também nas saídas das instalações pela laje evitará

a necessidade de realizar adaptações durante o processo de execução da divisória.

Nesse sentido, é importante que a mão-de-obra responsável por essa atividade seja devidamente treinada e capacitada para ler os projetos e manipular corretamente os equipamentos e ferramentas de locação.

Em analogia ao que SABBATINI et al. [1988] prescrevem para a demarcação da alvenaria, pode-se dizer que os operários responsáveis por essa atividade devem possuir autonomia e serem capacitados para efetuarem as correções e compensações necessárias quando as estruturas apresentarem desalinhamento ou deslocamento, pois nem sempre o seu controle é realizado pela construtora.

Para a locação das guias, é necessário que se tenha um projeto específico, ilustrando as guias e as distâncias dessas com alguma referência de locação, que preferencialmente deve ser um eixo adotado na obra, ou ainda, na ausência desse, as paredes da fachada, a caixa de escada ou os elementos estruturais do edifício.

Por questões de praticidade, realiza-se inicialmente a locação das guias inferiores, demarcando no piso o posicionamento de uma das faces da guia. Nessa etapa, é comum a utilização do cordão para marcação, ferramenta essa descrita no item 3.3.1 do presente trabalho. A figura 4.2 ilustra essa atividade.

Os vãos de portas e esquadrias também devem ser marcados nessa etapa.

FIGURA 4.2: Locação das guias.

Uma vez concluída essa atividade, o mesmo deve ser feito no teto. Para isso, pode-se utilizar o nível a laser ou o fio de prumo.

A transferência da marcação da guia inferior para a superior pode ser realizada em dois momentos diferentes: antes da fixação da guia inferior e após a sua fixação.

No primeiro caso obtém-se maior precisão, sendo empregados o nível a laser ou o prumo de eixo. Na segunda situação, após a fixação da guia inferior, marca-se o posicionamento da guia superior, utilizado o prumo de face, sendo essa a situação comumente ocorrida nas obras visitadas, conforme pode ser observado na tabela 4.1.

TABELA 4.1: Características da atividade de locação das obras visitadas.

Obra	Ferramenta ou equipamento utilizado			Locação da guia superior
	Nível laser	Prumo de eixo	Prumo de face	
A			●	▲
B			●	▲
C	●			■
D			●	▲
E			●	▲
F		●		■
G			●	▲

■ Antes da fixação da guia inferior ▲ Após a fixação da guia inferior

Antes de se realizar a fixação da guia, é recomendável aderir a fita para isolamento acústico na face da guia que ficará em contato com o piso ou com o teto [BSI, 1995].

Essa fita reduz a passagem do som através das frestas nos encontros divisória/piso e divisória/teto. Porém, de um modo geral, as construtoras não têm demonstrado preocupação a esse respeito e, dentre as obras visitadas, somente a obra “**G**” utilizou essa fita.

Para a fixação das guias, pode-se utilizar parafuso e bucha, ou pistola e pino de aço, que devem ser fixados a cada 60 cm e no mínimo em três pontos. [LAFARGE GESSO, 1996; PLACO DO BRASIL, s.d.].

4.3 Colocação dos Montantes

Após a fixação das guias, realiza-se a estruturação da divisória, através da colocação dos montantes.

Para isso, os montantes devem ser cortados com comprimento aproximadamente 10 mm menor que o pé direito, sendo a folga situada na guia superior.

A montagem da estruturação inicia-se com a colocação dos montantes perimetrais.

Da mesma forma que as guias, os montantes perimetrais devem estar com a fita para isolamento acústico aderida. Esses montantes devem ser parafusados sobre a superfície na qual ficarão encostados, que pode ser um pilar, ou mesmo uma alvenaria de fachada, por exemplo.

De acordo com recomendações do CSTB [1976a], os montantes perimetrais devem ser fixados às guias superior e inferior.

Em seguida, encaixam-se os demais montantes verticalmente no interior das guias, como ilustra a figura 4.3, obedecendo aos espaçamentos, que podem ser de 40 ou 60 cm, conforme especificação do projeto.

Para que os montantes fiquem no prumo e também posicionados corretamente, recomenda-se, durante o encaixe desse componente às guias, o emprego de régua com nível de bolha acoplado, conforme ilustra a figura 4.4.

FIGURA 4.3: Colocação dos montantes [LAFARGE GESSO, 1996].

FIGURA 4.4: Emprego do nível de bolha para a colocação dos montantes no prumo [LAFARGE GESSO, 1996].

Observou-se em todas as obras visitadas que os montantes costumam ser fixados nas guias superior e inferior, conforme a figura 4.5. Porém, acredita-se que essa prática não deve ser realizada, pois a movimentação vertical das

estruturas da divisória ficam restringidas, ocasionando o acúmulo de tensões no caso de deformações dos elementos estruturais, o que pode gerar problemas patológicos na divisória, como fissuras, por exemplo.

FIGURA 4.5: Forma não recomendada de fixação dos montantes às guias superior e inferior.

Segundo a ASTM C 754 [ASTM, 1988], os montantes devem ser fixados sobre as guias somente quando forem adjacentes às portas e janelas e nos encontros de divisórias.

Essa mesma norma não recomenda a realização de emendas nos montantes. Porém, caso seja necessário, os montantes devem estar sobrepostos pelo menos 200 mm (8 ½”) e aparafusados nessa região.

No caso da espessura da divisória ser maior que a largura das guias e dos montantes disponíveis, pode-se executar uma dupla estrutura, de modo que a divisória pode assumir larguras variadas. De acordo com a PLACO DO BRASIL

[s.d.], no caso de montantes duplos, esses devem ser solidarizados a cada 0,40m, conforme se observa na figura 4.6.

FIGURA 4.6: Dupla estrutura através de montantes solidarizados [PLACO DO BRASIL, s.d.].

Um outro aspecto refere-se ao posicionamento dos montantes, ou seja, como esses possuem o formato da letra “C”, devem estar posicionados com a face “aberta” na mesma direção.

O CSTB [1981] recomenda que a instalação das chapas de gesso seja iniciada a partir da região mais rígida do montante, conforme ilustra a figura 4.7, não explicando os motivos para tal.

Em entrevista a um montador, esse explicou que a região mais próxima à face aberta do montante possui uma deformabilidade maior e, se fixar a chapa de

gesso na face mais rígida primeiro, a deformação do montante será menor, facilitando a fixação da chapa de gesso contígua.

FIGURA 4.7: Direção dos montantes e sentido de colocação das chapas de gesso [CSTB, 1991].

Essa informação é bastante útil para a elaboração do projeto da divisória, ou seja, a direção dos montantes deve indicar o sentido de fixação das chapas de gesso acartonado.

4.4 Fechamento de uma Face da Divisória

Uma vez montada a estruturação da divisória, a próxima etapa consiste em realizar o fechamento de uma de suas faces.

As chapas de gesso podem ser fixadas com o seu comprimento na posição horizontal ou vertical. Nos Estados Unidos, por exemplo, EVERETT; KELLY [1998] descrevem ser comum que as chapas de gesso sejam fixadas com o seu comprimento na posição horizontal nas construções residenciais e vertical nas construções comerciais.

Já na França, de acordo com o CSTB [1981], as chapas de gesso normalmente são fixadas com o comprimento na posição vertical. Se o pé direito for maior que o comprimento das chapas de gesso, suas juntas horizontais devem ser desencontradas, como ilustra a figura 4.8.

FIGURA 4.8: Juntas horizontais desencontradas.

Uma vez que as juntas constituem-se na região mais frágil da divisória, acredita-se que o posicionamento das chapas, na vertical ou na horizontal, deve ser estabelecido visando minimizar o número de juntas. Para isso, pode-se elaborar um projeto de modulação das chapas, cujos detalhes serão abordados no capítulo 5.

No caso de se utilizar mais de uma camada de chapa de gesso numa mesma face da divisória, as junções das chapas entre uma camada e outra devem ser desencontradas, como ilustra a figura 4.9 [LAFARGE GESSO, 1996].

FIGURA 4.9: Desencontro das junções na sobreposição de duas chapas de gesso [LAFARGE GESSO, 1996].

Independente do posicionamento das chapas de gesso, essas sempre devem ser fixadas sobre o montante, utilizando-se parafuso adequado para tal.

Os parafusos devem estar distanciados um do outro no máximo 300 mm, e dispostos no mínimo a 10 mm da borda das chapas [PLACO DO BRASIL, s.d.].

A ASTM C 840 [ASTM, 1995c], por sua vez, prescreve que o espaçamento entre os parafusos de fixação das chapas de gesso deve ser de 400 mm para os montantes espaçados a cada 400 mm, e 300 mm para os montantes espaçados a cada 600 mm, devendo estar distantes das bordas pelo menos 9,5 mm e no máximo a 12,7 mm.

Para evitar que as chapas de gesso absorvam a umidade do piso, essas devem estar afastadas do piso a uma distância de 10 mm, conforme ilustra a figura 4.10 [CSTB, 1981; IPT, 1997; PLACO DO BRASIL, s.d.].

FIGURA 4.10: Detalhe do encontro da chapa de gesso com o piso [CSTB, 1981].

4.5 Execução de Instalações Hidráulicas, Sanitárias e Elétricas

Caso haja passagens de instalações hidráulicas e elétricas dentro da divisória, essas devem ser realizadas antes do fechamento da segunda face da mesma.

Uma vez que a parte interna da divisória é oca, há uma maior facilidade para a execução das instalações, se comparada à alvenaria.

Ainda assim, alguns cuidados devem ser tomados para não comprometer o desempenho da divisória, buscando-se sempre otimizar a execução.

Além disso, conforme apresentado no item 2.3.5.2 do presente trabalho, no caso de se fixar objetos com carga superior a 30 kg, o projeto deve prever um reforço dentro da divisória.

Os reforços internos da divisória tem sido executados com estruturas de madeira, embora os fabricantes de chapas de gesso comercializem reforços metálicos para alguns casos específicos, como para a fixação de bacia sanitária de saída horizontal, por exemplo.

Salienta-se que as madeiras devem ser tratadas contra o apodrecimento e a ação de insetos e agentes biológicos de deterioração, recomendando-se o emprego de madeira tratada por um processo de autoclavagem, pois através desse tratamento é possível impregnar profundamente a madeira com inseticidas e fungicidas e, além disso, são empregados produtos específicos que não soltam vapores tóxicos mesmo em locais onde a temperatura ambiente é alta. Essa madeira já é comercializada no Brasil.

4.5.1 Instalação elétrica

No caso das instalações elétricas, os eletrodutos, pelo fato de serem flexíveis, não costumam apresentar dificuldades para serem instalados, podendo caminhar facilmente tanto na posição vertical como na horizontal, pois atravessam pelos orifícios dos montantes, conforme pode ser observado na figura 4.11.

FIGURA 4.11: Passagem de eletrodutos dentro da divisória.

Porém, as aberturas dos montantes possuem arestas cortantes e, para evitar que as fiações elétricas e os eletrodutos sejam danificados, esse último deve ser protegido, através da colocação de uma peça plástica nos orifícios dos montantes. Essa peça é ilustrada na figura 4.12.

FIGURA 4.12: Peça plástica a ser colocada nos orifícios dos montantes para a proteção dos eletrodutos.

Ressalta-se que, previamente à execução das instalações, deve-se tomar o cuidado com relação à localização das saídas dos eletrodutos pelas lajes, sendo necessário que essas coincidam com a posição das guias da divisória. Deve-se ainda evitar a concentração dos eletrodutos, que dificultam a fixação das guias.

Nas obras visitadas, foi comum observar a ocorrência desses problemas, como pode ser observado na tabela 4.2.

TABELA 4.2: Problemas detectados na compatibilização da instalação elétrica com a divisória.

Obra	Não houve passagem de instalação elétrica	Problemas detectados	
		Desvios na locação dos eletrodutos	Concentração eletrodutos
A	●		
C		●	
D		●	●
E			●
F		●	●
G		●	●

Obs: Não foi detectado problema na obra “B”.

Quanto às caixas de luz, a utilização de componentes convencionais ou próprios para divisória de gesso acartonado definem a forma como serão fixadas.

No caso de se utilizar caixas de luz comum, as construtoras, para obterem maior rapidez na execução, têm preferido fixá-las adjacente ao montante.

Em visitas realizadas, observou-se obras em que as caixas de luz foram fixadas diretamente sobre o montante e obras que fixaram pedaços de perfil metálico na caixa de luz, fixando posteriormente no montante da divisória.

Comparando-se as duas situações, a segunda mostra-se mais favorável, pois a caixa de luz mantém-se com uma estabilidade maior quando submetida a algum esforço. Porém, em ambos os casos, o emprego desses tipos de fixação

apresentam como desvantagem o fato de obstruírem uma das faces da caixa de luz, impossibilitando a passagem de eletrodutos nessa região.

Para evitar esse inconveniente, pode-se empregar acessórios específicos para esse fim. A desvantagem nesse caso reside no fato desses serem importados, ficando na dependência de poucos fornecedores, além do custo ser mais elevado. A figura 4.13 ilustra as várias formas de fixação da caixa de luz adjacente aos montantes.

No caso da caixa de luz localizar-se entre o vão de dois montantes, pode-se utilizar um perfil metálico específico para essa finalidade, ilustrado na figura 4.14. A caixa de luz é aparafusada sobre esse perfil, que por sua vez é fixado a dois montantes, interligando-os. Apesar desse perfil metálico estar disponível no Brasil, sua utilização não é comum, pois o fato de ser importado aumenta o custo, além de ficar na dependência de poucos fornecedores.

FIGURA 4.13: Formas de fixação da caixa de luz ao montante.

FIGURA 4.14: Perfil metálico específico para fixação da caixa de luz.

Para essa situação, pode-se empregar uma caixa de luz específica para ser fixada sobre o gesso acartonado. Essa caixa, ilustrada na figura 4.15, é de material plástico e sua fixação ocorre através de colocação de presilhas plásticas na própria caixa de luz. O custo dessa caixa de luz, que é fabricada no Brasil, é menor que o custo do perfil metálico importado.

Porém, as caixas de luz para uso específico em divisórias de gesso acartonado não foram empregadas em nenhuma das obras visitadas, podendo-se atribuir esse fato principalmente ao receio quanto ao seu comportamento (capacidade de fixação), além do custo dessa caixa ser superior à caixa de luz tradicional.

Quanto ao perfil metálico importado para a fixação da caixa de luz, observou-se o seu emprego nas obras “B” e “G”. Pelo fato desses perfis serem importados, ambas as obras tiveram o seu cronograma prejudicado, pois esse

componente não chegou no prazo estipulado. No caso da obra “**B**”, utilizou-se montantes metálicos enquanto esse perfil não chegava e, na obra “**G**”, o eletricista iniciou os demais serviços, retornando posteriormente para terminar o serviço no pavimento.

FIGURA 4.15: Caixa de luz específica para fixação em chapas de gesso.

4.5.2 Instalações hidráulica e sanitária

Assim como as instalações elétricas, a correta localização das saídas das tubulações hidráulicas pela laje é um item que deve ser controlado anteriormente à execução da divisória.

Além disso, deve-se cuidar para que o diâmetro da tubulação seja compatível com a espessura da divisória, o que não ocorreu em algumas obras visitadas, conforme pode ser observado na tabela 4.3.

TABELA 4.3: Problemas detectados na compatibilização da instalação hidráulica com a divisória.

Obra	Não houve passagem de instalação hidráulica	Problemas detectados	
		Desvios na locação da tubulação	Incompatibilidade entre o diâmetro do tubo e a espessura da divisória
A	●		
C		●	●
F		●	
G		●	

Obs: Não foram detectados problemas nas obras “B”, “D” e “E”.

Os sub-ramais hidráulicos podem ser executados utilizando-se tubulação rígida ou flexível.

O emprego de tubulação rígida torna a execução da instalação mais difícil. Ainda assim, tem sido comum no Brasil o seu emprego nas divisórias de gesso acartonado, pois o custo em comparação às tubulações flexíveis é menor, além do fato das tubulações flexíveis não serem fabricadas no país, dependendo de importação.

O uso de tubulações flexíveis foi observado somente na obra “C”, sendo que na obra “D” foi realizado um protótipo do apartamento tipo utilizando-se tubulação flexível e o projeto hidráulico da obra “G” foi realizado para tubulações flexíveis. Porém, as obras “D” e “G” acabaram optando pela tubulação rígida em função do custo.

No caso das tubulações rígidas horizontais, essas podem atravessar os orifícios dos montantes e, no caso das tubulações de cobre, cuidados devem ser tomados para que os tubos não entrem em contato direto com os perfis de aço galvanizado, o que pode ocasionar a corrosão do aço galvanizado.

Quanto à forma de fixação das tubulações, essas ocorrem nos pontos de saída, como registros, torneiras, chuveiros, entre outros.

Em algumas obras visitadas, observou-se que as tubulações rígidas não eram fixadas, o que não é recomendável, pois as tubulações não ficam estáticas e podem causar ruídos devido à vibração, além de aplicarem esforços mecânicos na chapa de gesso, podendo causar danos às chapas.

A tabela 4.4 apresenta o tipo de tubulação empregado nas obras, bem como a execução ou não de fixação das tubulações.

TABELA 4.4: Tipo de tubulações empregados nas obras visitadas.

Obra	Tipo de tubulação empregada		Execução da fixação das tubulações
	Rígida	Flexível	
B	●		●
C		●	●
D	●		
E	●		●
F	●		
G	●		

Nas obras onde as tubulações eram fixadas, observou ser comum o emprego de abraçadeiras aparafusadas sobre estruturas de madeira, conforme ilustra a figura 4.16. Porém, conforme já salientado no item 2.4.3.4 do presente trabalho, a fixação de forma rígida das tubulações hidráulicas à estrutura de madeira não é recomendada, pois pode comprometer o desempenho acústico da divisória.

FIGURA 4.16: Fixação de tubulação rígida.

A fixação das tubulações rígidas também pode ser feita substituindo-se os componentes de madeira por perfis metálicos.

No caso de tubulações flexíveis, utiliza-se tubos de polietileno reticulado (PEX), que podem ser empregados tanto para água fria como para água quente. Uma das vantagens de se utilizar esse tipo de tubulação é a existência de um

número menor de conexões, o que reduz potencialmente o risco de vazamentos.

Apesar de não ser imprescindível, recomenda-se a utilização de uma “tubulação guia” que, analogamente a uma instalação elétrica, desempenha a função dos eletrodutos. Dessa forma, quando houver a necessidade de trocar a tubulação PEX, as chapas da divisória não precisam ser retiradas. A figura 4.17 ilustra a tubulação PEX envolvida com a “tubulação guia”.

FIGURA 4.17: Tubulação PEX e tubo “guia”.

Nas saídas dos pontos de utilização, utiliza-se um cotovelo removível, que já possui orifícios para receber parafusos de fixação, conforme pode ser observado na figura 4.18.

FIGURA 4.18: Cotovelo removível.

As tubulações PEX provêm de uma caixa de distribuição, ilustrada na figura 4.19. Nessa caixa localizam-se os distribuidores e registros. É acessível, possibilitando uma eventual manutenção, bem como a operação dos registros.

No Brasil, os tubos PEX surgiram no mercado recentemente e muitas dúvidas existem sobre seu comportamento e suas características, havendo a necessidade de pesquisas abordando tal assunto.

Com relação à instalação sanitária do banheiro, alguns componentes foram desenvolvidos para otimizar o processo de execução desse serviço. Dentre eles, destacam-se o “piso box” e a bacia sanitária com saída horizontal.

O “piso box”, ilustrado na figura 4.20, consiste num piso elevado de poliéster reforçado, instalado na região do box de banho. Esse componente possui saída para água, onde deve ser instalado o ralo sifonado.

FIGURA 4.19: Caixa de distribuição dos tubos “PEX”.

FIGURA 4.20: Piso Box.

O fato de ser elevado permite que a tubulação de saída da água do “piso box” seja posicionada sobre a laje do próprio pavimento, facilitando a execução do serviço.

Com relação à bacia sanitária, essa possui saída do esgoto na horizontal, sendo comum, nessa situação, empregar-se também a caixa de descarga embutida dentro da divisória de gesso acartonado. A figura 4.21 ilustra a bacia sanitária com saída horizontal e a sua instalação.

FIGURA 4.21: Bacia sanitária de saída horizontal e sua instalação.

A bacia sanitária de saída horizontal, cujo emprego foi observado somente nas obras “C” e “D”, é utilizada para que as instalações de esgoto sejam posicionadas sobre a laje do próprio pavimento, até o encontro dos “*shafts*”.

Dessa forma, tanto para o emprego do piso box como para a bacia sanitária de saída horizontal, além da facilidade de execução, evita-se a perfuração da laje e a instalação da tubulação no teto do pavimento inferior, facilitando também a manutenção.

4.6 Preenchimento da Divisória com Isolante Termo Acústico

Caso a divisória seja preenchida com lã de vidro ou de rocha, deve-se colocá-la após o fechamento de uma das faces da divisória pois, como esses são flexíveis, a chapa de gesso auxilia na execução dessa atividade, limitando a movimentação do material isolante.

O seu emprego foi observado em todas as obras visitadas, porém, somente em algumas das divisórias, sobretudo as de divisão entre apartamentos.

Antes de preencher a divisória com o isolante termo acústico, deve-se verificar se o mesmo apresenta largura compatível com o espaçamento dos montantes, devendo cortar o material isolante caso haja necessidade.

Preenche-se então a divisória com isolante termo acústico, podendo fixá-lo na guia superior por meio de parafusos, para garantir que esse material fique distribuído por toda a altura da divisória. A figura 4.22 ilustra a divisória de gesso acartonado preenchida com lã de vidro.

Uma outra utilização do material isolante foi observada na obra "D", que envolvia os ramais das tubulações hidráulicas com lã de vidro, conforme ilustra a figura 4.23.

FIGURA 4.22: Preenchimento da divisória com isolante termo acústico.

FIGURA 4.23: Tubulação hidráulica envolvida com lã de vidro.

O envolvimento da tubulação com material isolante e o preenchimento com esse material no interior da divisória, na realidade, convergem para objetivo comum: melhorar o desempenho acústico da vedação vertical.

Porém, conforme já exposto no item 2.3.3 deste trabalho, o bom desempenho acústico da divisória será obtido somente com um conjunto de ações, sendo que as descritas neste item representam uma parcela desse conjunto.

4.7 Fechamento da Segunda Face da Divisória

Essa etapa deverá se iniciar somente após a realização dos testes das instalações e a certificação de suas conformidades.

O procedimento para o fechamento da segunda face da divisória é análogo ao descrito no item 4.4 deste trabalho, que se refere aos procedimentos para o fechamento da primeira face da divisória.

Além das recomendações descritas no item 4.4, deve-se tomar o cuidado para que as junções das chapas em uma das faces da divisória sejam desencontradas das junções das chapas de gesso a serem fixadas na face oposta, conforme ilustra a figura 4.24 [CSTB, 1981; LAFARGE GESSO, 1996; PLACO DO BRASIL, s.d.]

Um outro item que deve ser observado é com relação às aberturas das chapas de gesso, devido às instalações. Conforme destacado no item 3.1.5 deste trabalho, essas aberturas devem ser seladas, para não prejudicar o desempenho acústico da divisória e, também, para evitar a propagação do fogo numa situação de incêndio.

FIGURA 4.24: Desencontro das junções de chapas entre as duas faces da divisória.

Porém, a vedação das aberturas das chapas não vêm sendo realizadas nas obras e os fabricantes de chapas de gesso também não têm alertado para esse cuidado.

4.8 Tratamento das Juntas Entre as Chapas de Gesso

Após a aplicação das chapas de gesso, realiza-se o acabamento entre as suas juntas. A atividade de rejuntar, segundo FERGUSON [1996] exige habilidade do montador, pois as juntas devem estar niveladas às chapas de gesso e não devem conter imperfeições, para que a divisória tenha o aspecto de elemento monolítico.

Nas bordas longitudinais das chapas de gesso, há uma depressão para acomodar o material necessário para o acabamento entre as juntas formadas pelo encontro de duas chapas, conforme descrito no item 3.1.1 deste trabalho.

As massas para tratamento das juntas, na sua maioria, não possuem capacidade para absorver esforços de tração de modo que, se a junta for preenchida somente com essa massa, certamente haverá o aparecimento de fissuras nessa região [FERGUSON, 1996].

Dessa forma, há a necessidade de utilizar um material para que a junta fique mais resistente às tensões que poderão ocorrer, sendo a fita de papel microperfurado e o véu de fibra de vidro os materiais recomendados.

Para a realização dessa atividade, a região a ser rejuntada deve estar isenta de poeira, bem como de materiais e elementos que podem prejudicar a aderência da massa para rejuntamento à divisória [PLACO DO BRASIL, s.d.].

No caso de se empregar massa para rejunte à base de água, a temperatura ambiente deve ser superior a 5°C [CSTB, 1981] e o recipiente em que será realizada a mistura deve estar limpo.

A mistura da água com o pó deve ser feita de modo a obter uma massa homogênea, recomendando-se para isso a utilização de ferramentas e equipamentos específicos, conforme descrito no item 3.3.7 do presente trabalho.

Baseando-se nas prescrições da ASTM C 840 [ASTM, 1995c], relaciona-se a seguir as operações necessárias para executar o tratamento das juntas entre as chapas de gesso:

- utilizando uma espátula, espalha-se uma quantidade adequada de massa para rejunte, preenchendo toda a junta entre as chapas de gesso e cobrindo cerca de 70 mm de cada lado;
- enquanto a massa de rejunte ainda estiver úmida, deve-se colocar a fita de papel no centro da junta, de cima para baixo, pressionando-a com uma espátula inclinada a 45°, forçando para que o excesso da massa saia pela

lateral da fita. A fita de papel deve aderir à essa massa. Para tanto, cuidados devem ser tomados para deixar a massa em quantidade suficiente para promover a ligação da fita nas chapas de gesso acartonado. A figura 4.25 ilustra a aplicação da fita para junta;

- quando a massa estiver seca, deve-se aplicar mais uma camada de massa para rejunte, cuja largura deve ser de pelo menos 75 mm de ambos os lados a partir do eixo central da junta.

FIGURA 4.25: Aplicação da fita para tratamento das juntas.

A norma americana ASTM C 840 [ASTM, 1995c] recomenda que, quando a massa estiver seca, a superfície deve ser lixada ou esfregada com uma esponja úmida para eliminar o excesso de massa.

As cabeças dos parafusos ou dos pregos de fixação também devem ser cobertas com a massa para tratamento das juntas.

De acordo com acabamento final desejado, pode-se variar o número de camadas de massa [FERGUSON, 1996].

Caso a divisória seja designada para receber papel de parede, por exemplo, o número das camadas de rejuntamento será menor do que para pintura acetinada, pois o papel de parede possui uma espessura maior do que a película de tinta que se formará sobre a divisória, encobrindo melhor as imperfeições do rejuntamento.

Para possibilitar um melhor entendimento por parte do montador de divisória de gesso acartonado sobre os requisitos estabelecidos pelos arquitetos, engenheiros e proprietário dos edifícios, em 1990, quatro grandes associações americanas¹ do setor de gesso acartonado apresentaram um documento propondo vários níveis de acabamento em divisórias e forros de gesso acartonado, permitindo, inclusive a realização de um orçamento mais preciso [KUTCHER, 1997a].

A ASTM C 840 [ASTM, 1995c], em sua última revisão, incorporou os “níveis de acabamento” propostos pelas associações americanas. Os seis níveis de acabamento possuem as seguintes características:

¹ As quatro associações americanas são: The Association of Wall and Ceiling Industries International (AWCI), Ceilings and Interior Systems Construction Association (CISCA), Gypsum Association (GA) e Painting and Decorating Contractor of America (PDCA).

- Nível 0: o tratamento das juntas não é executado. Pode ser utilizado em construções temporárias;
- Nível 1: todas as juntas e ângulos devem ser rejuntados, sendo cobertos pela fita para junta. As cabeças dos pregos e parafusos não recebem massa para tratamento das juntas. A superfície da divisória deve estar livre do excesso de massa. As marcas e riscos provocados pelas ferramentas são aceitáveis. Utilizada em áreas não visíveis ou em corredores de serviço;
- Nível 2: todas as juntas e ângulos são rejuntados, tendo uma camada de massa sobre a fita para juntas. As cabeças dos pregos e parafusos de fixação devem receber uma camada de massa para rejunte. A superfície deve estar livre do excesso de juntas. As marcas e riscos provocadas pelas ferramentas são aceitáveis. Utilizada quando a chapa de gesso resistente à água compõe o substrato, ou em garagens, depósitos ou áreas onde não há muita preocupação com a aparência da superfície;
- Nível 3: todas as juntas e ângulos são rejuntados, tendo duas camadas de massa sobre a fita para junta e sobre a cabeça dos pregos ou parafusos de fixação. A superfície deve estar lisa e as marcas e riscos provocadas pelas ferramentas não são aceitáveis. Utilizada em áreas que receberão acabamento texturizado antes da camada de pintura final. Não deve ser utilizada em superfície com pintura lisa;
- Nível 4: Todas as juntas e ângulos são rejuntados, tendo três camadas de massa sobre a fita para junta, como ilustra a figura 4.26, e sobre a cabeça dos pregos ou parafusos de fixação. A superfície deve estar lisa e as marcas e

riscos provocados pelas ferramentas não são aceitáveis. Utilizada em áreas onde a pintura será lisa;

- Nível 5: Igual ao nível 4, adicionando-se uma camada de nata de massa para rejunte, deixando um filme sobre o rejuntamento. Utilizada quando é especificada pintura brilhante.

FIGURA 4.26: Três camadas de massa de rejunte sobre a fita [PLACO DO BRASIL, s.d.].

De acordo com FERGUSON [1996], normalmente as juntas são realizadas com três camadas de massa. A primeira camada não exige um acabamento perfeito, devendo-se utilizar uma massa consistente. A segunda camada constitui uma camada de enchimento, encobrindo as fitas de papel ou véu de fibra de vidro. A terceira camada, denominada camada final, deve proporcionar um acabamento liso e perfeito.

No caso de interseção de juntas, uma fita não deve se sobrepor à outra, conforme ilustra a figura 4.27, para que essa região não fique espessa, [CSTB, 1981; PLACO DO BRASIL, s.d.].

Para a execução do rejuntamento em cantos internos, deve-se inicialmente aplicar uma camada de massa em cada lado do canto, com o auxílio da espátula.

FIGURA 4.27: Interseção de juntas.

Em seguida, dobrar a fita ao meio e pressionar no canto para aderir à massa. Quando a primeira camada estiver seca, aplicar a segunda camada de massa para rejunte, numa largura de aproximadamente 75 mm maior que a primeira camada.

Para o rejuntamento do canto externo, deve-se utilizar fitas armadas ou cantoneiras metálicas, pois esses componentes protegem o canto da divisória [CSTB, 1981].

Inicialmente, deve-se aplicar uma camada de massa sobre cada um dos lados do canto. No caso em que se estiver utilizando a fita armada, dobrar a fita ao meio e colocá-la sobre o canto, comprimindo-a com o auxílio da espátula.

Para as cantoneiras metálicas, a LAFARGE GESSO [1996] recomenda que essas sejam aplicadas com o auxílio de uma régua, comprimindo a cantoneira em todo o seu comprimento.

Após a colocação das fitas armadas ou cantoneiras metálicas, deve-se aplicar uma camada de massa para tratamento das juntas. A próxima camada só poderá ser aplicada após a secagem da última camada.

4.9 Acabamento Final da Divisória

O acabamento final da divisória não deve ser feito em menos de 48 horas após o rejuntamento, caso a temperatura esteja abaixo de 10°C [ASTM, 1995c]. Como acabamento, pode-se utilizar tinta, tinta texturizada, papel de parede, placas cerâmicas, entre outros.

No Brasil, a maioria das obras têm utilizado tinta como acabamento final, motivo pelo qual será descrito os cuidados a serem tomados para esse tipo de serviço.

Sob condições atmosféricas e ambientais normais, deve-se esperar um período de 12 a 18 horas após a realização do tratamento das juntas. Em tempo chuvoso, com alta umidade e baixa temperatura, deve-se esperar de 36 a 48 horas, devendo se certificar que a massa esteja completamente seca [ASTM, 1995c].

Antes do tratamento da superfície, deve-se observar se as juntas já se encontram secas e se as divisórias estão livres de poeira e gordura. As caixas de luz, as portas, as janelas e as demais aberturas devem estar protegidas.

Devido à diferença de porosidade e rugosidade superficial entre as chapas de gesso e a região rejuntada, a superfície da divisória a ser pintada deve receber um tratamento prévio, através da utilização de um “*primer*” específico [ASTM, 1995c].

No Brasil, esse material não é comercializado. Logo, tem sido comum o uso de massa corrida para uniformizar a porosidade e rugosidade da divisória.

Uma vez realizada essa camada de tratamento, pode-se executar a pintura. Para isso, pode-se utilizar pincel, rolo ou pistola. O primeiro é usado principalmente em volta de recortes e em cantos internos. Os rolos são utilizados nas situações comuns, e a pistola é utilizada principalmente em grandes panos de divisórias [FERGUSON, 1996].

No caso da aplicação de tinta brilhante com rolo de pintura, FERGUSON recomenda a utilização de rolo com pêlo fino pois, do contrário, pode haver a formação de bolhas de ar, que ficarão marcadas mesmo após a secagem da tinta. Para pintura lisa, a recomendação é a de utilizar rolo de pintura com pêlo de aproximadamente 10 mm de comprimento, pois rolos com pêlos mais curtos não cobrem muito bem a superfície, e rolos com pêlos longos deixam uma leve textura.

Se a pintura for aplicada por pistola, esse mesmo autor recomenda utilizar um equipamento que aplica a tinta sem necessidade de dissolvê-la. Para evitar o escorrimento de tinta, deve-se aplicar a pintura em finas camadas, sem excesso.

A pintura por meio de jato oferece maior produtividade; porém, deve-se proteger com maior cuidado as partes que não serão pintadas.

No caso de se aplicar material texturizado, esse pode ser executado com broxa, rolo, spray, desempenadeira, ou através de uma combinação desses. Nem sempre é preciso aplicar material para uniformizar a porosidade da divisória, devendo-se observar as recomendações do fabricante do material texturizado [NG, 1996].

4.10 Detalhes Construtivos

Durante a execução da divisória, muitos detalhes construtivos estão envolvidos. Alguns desses detalhes, utilizados com maior frequência, serão apresentados a seguir.

4.10.1 Junção de divisórias

No encontro de divisórias, existem diferentes soluções que podem ser adotadas.

No caso da divisória com encontro em “L”, essas podem ser montadas conforme a figura 4.28 a seguir.

A solução mostrada na figura 4.28 (a) é recomendada pela ASTM C 754 [1988], pela PLACO DO BRASIL [s.d.] e pela LAFARGE GESSO [1996]. Observa-se que é necessário deixar previsto o espaçamento necessário para posterior colocação das chapas de gesso.

FIGURA 4.28: Encontro de divisórias em “L”.

Na figura 4.28 (b), observa-se que o canto interno é um ponto de maior fragilidade, se comparado à figura (a). Porém, essa forma de executar exige menor precisão na locação do montante, pois não há a necessidade de deixar o espaçamento exato para a colocação da chapa de gesso, como no caso (a). Essa solução é apresentada pela ASTM C 754 [1988] e denominada como sendo uma “alternativa aceitável”.

As divisórias em “T” e em “+” são executadas de modo análogo.

4.10.2 Fixação de batentes

Os cuidados para a fixação dos batentes devem ter início na etapa de locação das divisórias, sendo necessário marcar o posicionamento e tamanho dos vãos das portas.

Para isso, é importante que estejam definidos no projeto a forma de fixação dos batentes na divisória, para que se deixe as folgas necessárias.

Durante a fixação das guias inferiores, recomenda-se cortá-las e dobrá-las num ângulo de 90°, com 15 a 20 cm de altura, conforme ilustra a figura 4.29 [LAFARGE GESSO, 1996].

FIGURA 4.29: Guia inferior dobrada para a colocação do batente [LAFARGE GESSO, 1996].

Além disso, a ASTM C 754 [ASTM, 1988] salienta que deve ser colocada uma estrutura adjacente em todas as portas e janelas. Essas estruturas, que são constituídas pelos montantes, devem estar fixadas nas guias superior e inferior

por meio de parafusos. Dentro desses montantes devem ser colocados reforços para a fixação dos batentes, que pode ser estrutura de madeira, por exemplo.

Com relação à esse aspecto, observou-se obras em que se empregou tacos de madeira somente nos pontos de fixação do batente e obras que empregaram uma estrutura de madeira por toda a altura do batente. Na tabela 4.5 são apresentadas as características dos reforços e a forma de fixação dos batentes.

O emprego do taco de madeira, apesar de ter um custo direto menor que a estrutura de madeira, torna o serviço menos produtivo, pela dificuldade em se locar os tacos de forma a coincidir com os pontos de fixação do batente.

TABELA 4.5: Características dos reforços de batentes empregados nas obras e sua forma de fixação.

Obra	Características dos reforços		Forma de fixação dos batentes
	Tacos de madeira nos pontos de fixação dos batentes	Estrutura de madeira por toda a altura do batente	
B	●		■
C		●	▲
D	●		▲
E		●	▲
F		●	▲
G		●	▲

■ Fixação por meio de parafusos ▲ Fixação com espuma de poliuretano

Obs: Na obra "A" não houve fixação de batentes nas divisórias

Além disso, os esforços provenientes das solicitações das portas ficarão concentrados nos seus pontos de fixação, o que não ocorre quando se utiliza a estrutura de madeira por toda a altura do batente.

Sobre a parte superior do batente, deve-se colocar uma guia dobrada a 90° e, de acordo com a PLACO DO BRASIL [s.d.], cada aba deve ser parafusada nos montantes laterais com 2 parafusos. Na parte superior do batente, MITIDIERI FILHO [1997] recomenda a colocação de um montante intermediário, para melhor fixação das chapas de gesso. A figura 4.30 ilustra a estruturação na parte superior da porta para se fixar o batente.

FIGURA 4.30: Estruturação na parte superior para fixação de batente [LAFARGE GESSO, 1996].

Um outro cuidado que deve ser tomado durante a execução é quanto ao prumo da divisória, sobretudo quando há esquadrias. Essa importância ficou bastante evidente na obra “G”, que realizou ensaios de solicitações transmitidas por portas, fechando bruscamente a porta seguidas vezes. Através desse ensaio,

percebeu-se que, nas divisórias que estavam fora de prumo, houve o aparecimento de fissuras na região próxima às portas.

Essa situação explicita a importância de se tomar os devidos cuidados durante a execução, bem como a necessidade da realização do controle durante o processo de execução, para que seja possível detectar e corrigir as não conformidades, reduzindo, assim, o potencial de aparecimento de patologias.

4.10.3 Juntas

As divisórias de gesso acartonado, do mesmo modo que vários subsistemas, estão sujeitas a movimentação térmica e higroscópica. Para aliviar a tensão ocasionada por essas movimentações, há a necessidade de se prever juntas de controle [KUTCHER, 1997b].

De acordo com KUTCHER [1997b], informações como a localização, a especificação e os detalhes de juntas freqüentemente são omitidas no projeto e, como consequência, ocorre o aparecimento de fissuras nas juntas entre chapas de gesso acartonado.

Essas fissuras podem ser causadas pela própria movimentação das chapas de gesso, ou então, pela movimentação do edifício.

MITIDIERI FILHO [1997] recomenda a utilização de juntas a cada 50 m² para divisórias simples e 70 m² para divisórias duplas (duas camadas de chapas de gesso acartonado), ou então, a cada 15 metros lineares.

O CSTB, através da DTU 25.41, assim como a DIN 18181 [DIN, 1990] também recomendam a execução de juntas de movimentação a cada 15 metros contínuos de divisória.

Já a ASTM C 840 [ASTM, 1995c] recomenda que as juntas devem ser previstas a cada 30 ft, o que equivale a aproximadamente 9 metros.

A BS 8212 [BSI, 1995] e a LAFARGE PLASTERBOARD [s.d.] recomendam a execução de juntas a cada 10 m.

Percebe-se que há uma grande diferença, de até 50%, entre os valores recomendados pelas diversas normas estrangeiras.

Esses valores certamente consideram as características construtivas de seus países, bem como as condições ambientais, como variações de temperatura e de umidade.

No Brasil, estudos a respeito desse assunto ainda são incipientes, observando-se que os projetistas, quando recomendam a execução de juntas, balizam-se nas normas ou catálogos de fabricantes de chapas estrangeiros.

Dessa forma, como não há uma padronização no Brasil, há projetos que podem contemplar uma junta a cada 10 m ou 15 m, conforme a norma ou informações que o projetista se baliza.

É necessário, portanto, desenvolver pesquisas considerando as características da construção brasileira, para que seja possível definir tecnicamente as situações em que há a necessidade de se utilizar juntas de movimentação.

WESSEL [1996] salienta que, além da junta de movimentação, é necessário também prever juntas sempre que a divisória passar por uma junta estrutural.

A figura 4.31 ilustra alguns exemplos de juntas.

FIGURA 4.31: Detalhes de juntas de movimentação. (a) G-P GYPSUM CORPORATION [1997]; (b) MITIDIERI FILHO [1997].

4.10.4 Divisórias em ambientes molháveis

Na execução de divisórias em ambientes molháveis, cuidados específicos devem ser tomados, relativos à incidência da água na divisória e também quanto aos revestimentos empregados.

Com relação aos revestimentos em ambientes molháveis, deve-se analisar, por exemplo, o espaçamento entre os montantes da divisória, principalmente se essa for revestida posteriormente com material relativamente pesado, como componentes cerâmicos, por exemplo.

A ASTM C 840 [1995c] prescreve que o espaçamento entre os montantes em ambientes molháveis deve ser no máximo de 400 mm (16") de centro a centro. Com relação aos ângulos internos, esses devem ser reforçados para que os cantos tenham maior rigidez.

Para a fixação de revestimentos cerâmicos sobre chapas de gesso acartonado, o Instituto de Tecnologia Ceramica (ITC) [s.d.] recomenda que a camada de revestimento cerâmico não exceda 32 kg/m^2 .

Além disso, outras observações são feitas pelo ITC [s.d.]:

- antes de iniciar o serviço, verificar as disposições da estrutura de suporte da divisória, para evitar possíveis deformações. A superfície a ser revestida com cerâmica deve estar rígida e plana;
- certificar-se que a superfície das chapas de gesso não sofram distorções e ondulações, nem durante a fixação dos azulejos e nem durante o uso.

Com relação à interface entre o piso e a divisória em áreas úmidas, observa-se na figura 4.32 que não existe uma única solução para resolver tal problema. Porém, deve-se tomar o cuidado para que a chapa de gesso não encoste no piso, procurando-se assim evitar o seu contato com a água.

4.10.5 Divisórias curvas

As chapas de gesso acartonado podem ser curvadas de forma côncava ou convexa. De acordo com o raio da curva, a chapa pode ser curvada seca ou úmida.

FIGURA 4.32: Detalhes do encontro entre a divisória de gesso e o piso. (a) TCA [1995]; (b) adaptado de MITIDIERI FILHO [1997].

Para facilitar a execução das divisórias com raio de curvatura pequeno, pode-se colocar a chapa levemente umedecida sobre um gabarito preparado com as dimensões da curvatura. Ainda umedecidas, as chapas de gesso acartonado devem ser fixadas [PLACO DO BRASIL, s.d.].

Além disso, deve-se dar preferência para que o desenvolvimento da curva seja feito no sentido longitudinal da chapa de gesso, com os montantes perpendiculares ao seu comprimento.

FERGUSON [1996], ao relatar sua experiência na execução de divisórias curvas, observa que muitos erros foram cometidos, como a utilização de chapas de gesso com grande espessura (25,4 mm) e a colocação dos montantes com elevada distância, considerando-se que a chapa seria curvada.

Segundo o mesmo autor, o espaçamento máximo entre os montantes deve ser de aproximadamente 230 mm (9") e, curvas com raio menor que 810 mm (32") devem ter montantes a cada 15 cm (6"). Divisórias com raio inferior a 50 cm (20 in) não são recomendadas.

A PLACO DO BRASIL [s.d.] recomenda os espaçamentos entre os montantes para as divisórias curvas, apresentados na tabela 4.6 a seguir.

TABELA 4.6: Espaçamento entre os montantes para as divisórias curvas [PLACO DO BRASIL, s.d.].

Raio (R)	Espaçamento entre montantes para chapa de gesso de 12.5 mm
1,20 < R ≤ 1,50m	0,20 m (umedecer)
1,50m < R ≤ 2m	0,30 m (umedecer)
R > 2m	0,40 m

Para as chapas de gesso de 9,5 mm de espessura, PLACO DO BRASIL [s.d.] recomenda um raio mínimo de curvatura de 1,0 metro, não especificando o espaçamento que os montantes devem ter.

Os espaçamentos recomendados pela a LAFARGE PLASTERBOARD [s.d.] encontram-se na tabela 4.7.

TABELA 4.7: Espaçamento entre os montantes para as divisórias curvas [LAFARGE PLASTERBOARD, s.d.].

Raio (mm)	Espaçamento entre montantes (mm)			
	Chapa de gesso de 12.5 mm		Chapa de gesso de 6 mm	
	Sem pré curvatura	Pré curvado	Sem pré curvatura	Pré curvado
300 – 400	-	-	-	200
400 – 600	-	-	-	200
600 – 900	-	-	150	250
900 – 1200	-	150	200	250
1200 – 1500	150	300	200	300
1500 – 2000	200	300	200	300
2000 – 3000	300	450	250	400

Para o umedecimento das chapas, pode-se utilizar spray, esponja ou rolo de pintura [FERGUSON, 1996].

A chapa de gesso deve ser completamente umedecida na face que será comprimida, porém, o trabalho com a chapa deve ser feito no máximo em uma hora [LAFARGE PLASTERBOARD, s.d.].

Já a ASTM C 36 [1997] prescreve que as duas faces da chapa podem ser umedecidas, para permitir a execução de um raio de pequena curvatura, ressaltando que a chapa de gesso, ao secar, irá readquirir sua resistência original.

Com relação à fixação das chapas de gesso ao montante, FERGUSON [1996] recomenda que, no caso de curva convexa, essa deve ser iniciada em uma das extremidades da curva e, no caso de curva côncava, a fixação deve iniciar pelo centro da curva.

Para obter continuidade na curvatura, deve-se procurar evitar o encontro das chapas na parte curva [PLACO DO BRASIL, s.d.].

Segundo recomendações da ASTM [1995c], o tratamento das juntas entre as chapas deve ser realizado somente quando as chapas de gesso estiverem completamente secas e, para que a fita de papel acompanhe a curvatura, deve-se cortá-la em intervalos para permitir a conformação no contorno da curva.

4.10.6 Peças suspensas

As peças suspensas podem ser fixadas diretamente nas chapas de gesso, desde que não ultrapasse o limite de peso recomendado pelos fabricantes das chapas de gesso.

MITIDIERI FILHO [1997] recomenda que cada ponto fixado deve ser calculado para suportar 1/3 da carga limite dos chumbadores ou buchas.

De acordo com a PLACO DO BRASIL [s.d.] e a LAFARGE GESSO [1996], para pendurar peças de até 5 kg na divisória, pode-se utilizar ganchos ou pregos, devendo estar inclinado a 45° em relação ao plano da chapa de gesso.

Já no caso de peças de até 30 kg, deve-se utilizar buchas metálicas a expansão ou basculantes, devendo-se deixar um espaço mínimo de 40 cm entre cada bucha.

A figura 4.33 a seguir ilustra como deve ser realizada a fixação de peças até 5 kg e até 30 kg.

FIGURA 4.33: Fixação de buchas e pregos para peças suspensas [PLACO DO BRASIL, s.d.].

Um inconveniente com relação à essas buchas é que há poucas lojas que comercializam esse material, de modo que a construtora deve informar o usuário sobre os locais onde é possível adquiri-las.

Um outro aspecto que a construtora deve atentar é que, como a fixação de peças suspensas é feita pelo usuário, a construtora deve orientá-lo sobre a necessidade de se utilizar buchas específicas e a forma correta de fixá-las na divisória.

Conforme já salientado no item 2.3.5.2 deste trabalho, para a colocação de peças com mais de 30 kg, é necessário prever no projeto reforços que serão incorporados nos montantes, podendo-se utilizar sarrafos de madeira ou perfis metálicos.

Assim, no caso de fixação de peças pesadas, como armários embutidos e prateleiras, há a necessidade de indicar ao usuário os pontos em que foram colocados reforços. Tais medidas devem ser tomadas para evitar problemas decorrentes de má fixação.

Observa-se que os detalhes construtivos precisam ser pensados anteriormente à fase de execução, para evitar posterior improvisação e retrabalhos. Dessa forma, o projeto, o planejamento e o controle são atividades indispensáveis caso se deseje explorar ao máximo o potencial de racionalização que a produção de divisórias de gesso acartonado oferece.

CAPÍTULO 5

DIRETRIZES PARA A PRODUÇÃO DA VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA DE CHAPAS DE GESSO ACARTONADO

Após a extensa revisão bibliográfica feita sobre o método construtivo de divisórias de gesso acartonado em vários países, bem como as experiências vivenciadas pela autora durante o acompanhamento de diversas obras que empregaram esse sistema de vedação, procura-se, neste capítulo, sintetizar algumas diretrizes fundamentais para que a implantação da tecnologia de produção das divisórias de gesso acartonado seja realizada de forma sistêmica e consolidada na empresa construtora, atingindo os resultados esperados.

Essas diretrizes estão voltadas à elaboração de um projeto para produção das divisórias de gesso acartonado, aos cuidados necessários para a contratação dos serviços, ao treinamento da mão-de-obra e à implantação de sistemáticas de controle de execução da divisória.

A forma como cada uma dessas diretrizes é encarada pela construtora reflete diretamente na fase de execução da divisória, além de interferir também no desempenho final do produto.

5.1 O Projeto das Divisórias de Gesso Acartonado

Na Indústria da Construção Civil, especificamente no subsetor Edificações, o projeto tradicional tem privilegiado somente a apresentação da forma do produto.

Além disso, na elaboração dos vários projetos necessários, não tem sido comum a realização de uma análise sistêmica visando à integração entre os vários subsistemas e, como consequência, as soluções apresentadas em um projeto acabam sendo conflitantes com as do projeto de outro subsistema.

As decisões, por sua vez, são tomadas muitas vezes somente no momento da execução, podendo não corresponder à solução mais adequada do ponto de vista da integração entre os subsistemas do edifício, da racionalização e da garantia do desempenho.

Um dos reflexos da deficiência no conteúdo do projeto é apontado num estudo realizado por HAMMARLUND; JOSEPHSON [1992], que atribuem ao projeto como o maior responsável pelas origens dos custos de falhas¹, seja no processo de execução ou numa outra etapa do processo de produção de edifícios.

Através da figura 5.1, fica nítida a importância do projeto para a obtenção da eficiência da produção e qualidade do produto. Nessa figura, observa-se que a possibilidade de interferência no produto desenvolve-se ao longo do tempo de

¹ Neste trabalho, custo de falha pode ser entendido como sendo os custos resultantes de falhas dos requisitos de qualidade de um produto [HAMMARLUND; JOSEPHSON, 1992].

modo inverso ao custo de produção. Ou seja, na fase inicial do empreendimento, a possibilidade de realizar mudanças no produto é maior, ao mesmo tempo que o custo de produção é baixo. Já na fase de execução, observa-se que a possibilidade de interferência é pequena, mas os custos de produção já são significativos.

FIGURA 5.1: Possibilidade de reduzir custos de falhas [HAMMARLUND; JOSEPHSON, 1992].

Fica evidente que, para evoluir no processo de produção de edifícios, é necessário melhorar o processo de elaboração do projeto, considerando-se simultaneamente os vários subsistemas, bem como o conteúdo do projeto, o

qual, além da forma do produto, deve apresentar também os aspectos de como produzir.

Esse “novo conceito” do projeto foi denominado por MELHADO [1994] como **projeto para produção**, sendo definido por esse autor como sendo um *“conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de: disposição e seqüência das atividades de obra e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e evolução do canteiro; dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora”*.

BARROS [1996], em sua tese de doutorado, aborda e ressalta a importância da elaboração de um projeto para produção para a empresa construtora atingir um patamar mais elevado no desenvolvimento tecnológico do processo de produção de edifícios.

A autora também conceitua o projeto para produção, definindo-o como **“um conjunto de elementos de projeto elaborado segundo características e recursos próprios da empresa construtora, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições dos itens essenciais à realização de uma atividade ou serviço e, em particular: especificações dos detalhes e técnicas construtivas a serem empregados, disposição e seqüência de atividades de obra e frentes de serviço e uso e características de equipamentos”**.

Por essa definição, que será adotada neste trabalho, fica nítido que o projeto para produção deve ser compatível com o sistema produtivo da empresa construtora, devendo refletir a sua cultura construtiva. Não deve ser confundido com o projeto, de algum subsistema do edifício, apresentado com detalhes quase sempre genéricos.

No caso da vedação vertical, a elaboração do projeto para produção é de fundamental importância, uma vez que esse subsistema relaciona-se diretamente com vários outros subsistemas do edifício: estrutura, instalações hidráulicas e sanitárias, instalações elétricas, esquadrias, impermeabilização e revestimentos.

Além disso, FRANCO [1998] salienta que, se for considerado conjuntamente toda a vedação vertical e as interfaces com os demais subsistemas do edifício, esse conjunto passa a representar o maior item do custo da produção.

Ainda segundo esse autor, a importância da elaboração do projeto da vedação vertical justifica-se também a partir dos seus objetivos:

- servir como ferramenta de coordenação do projeto;
- servir como base para o planejamento da produção da vedação e dos subsistemas com os quais tem interferência;
- detalhar tecnologicamente a produção desse subsistema, estudando e definindo as tecnologias de produção, tanto no que se refere às alternativas de materiais como de técnicas construtivas empregadas em cada caso;

- servir como canal de comunicação eficiente entre o projeto, o planejamento e a produção e, ainda, entre todos os setores envolvidos na produção;
- servir como base para o controle da produção da execução da vedação vertical.

Particularmente no caso das divisórias de gesso acartonado, o projeto ainda carece de melhorias no seu conteúdo, o que já salientado pela autora em TANIGUTI; BARROS [1998].

As deficiências no conteúdo do projeto ficaram bastante evidente durante as visitas às obras, onde foi possível detectar problemas decorrentes, por exemplo, da falta de interação com os demais subsistemas.

Um dos problemas, observados nas obras “**C**”, “**F**” e “**G**”, refere-se à incompatibilidade entre a espessura da divisória e a passagem das tubulações. Nessas obras, havia concentração de eletrodutos na laje, havendo a necessidade, em alguns casos, de interromper a guia para permitir a passagem de eletrodutos. Houve situações também em que o diâmetro da tubulação de esgoto era maior que a largura da guia, sendo necessário, da mesma forma, interromper a guia.

Um outro problema, que vem preocupando as construtoras, é a compatibilização entre a deformabilidade da estrutura e a rigidez da divisória de gesso acartonado. Um construtor, relatando sua experiência na utilização de gesso acartonado, destaca que três de suas obras tiveram problemas em virtude da deformabilidade da estrutura.

Com relação a esse aspecto, alguns projetistas estruturais recentemente vem limitando as características de deformabilidade da estrutura. Porém, em virtude do desconhecimento do comportamento das divisórias de gesso acartonado frente à deformabilidade dos elementos estruturais, tal informação tem pouca utilidade dentro do sistema de produção das vedações verticais.

Através desses problemas comumente ocorridos, fica evidente a importância de se considerar no projeto a interação da divisória de gesso acartonado com os demais subsistemas do edifício.

Porém, com base nas visitas às construtoras, detectou-se posturas bastante distintas adotadas com relação ao projeto. Há empresas construtoras que dispensam o uso do projeto, há aquelas que utilizam o projeto do produto e há empresas que vêm tentando elaborar e utilizar um projeto contemplando aspectos da produção. A tabela 5.1 apresenta os fornecedores de projeto de cada obra.

TABELA 5.1: Fornecedores de projeto de cada obra.

Obra	Não utilizou projeto	Fabricante de chapa de gesso	Empresa de projeto
A	●		
B		●	
C		●	
D			●
E			●
F			●
G			●

Um problema comumente observado nas obras visitadas é que essas foram concebidas inicialmente para empregar alvenaria de vedação, havendo situações em que a definição pelo uso de chapas de gesso acartonado ocorreu com o edifício já em construção, conforme pode ser observado na tabela 5.2.

TABELA 5.2: Etapa da obra em que foi decidido empregar divisórias de gesso acartonado.

Obra	Concepção do edifício	Projeto	Obra em andamento
A			●
B			●
C		●	
D	●		
E	●		
F			●
G		●	

No caso da obra “**B**”, por exemplo, a definição pela utilização das divisórias de gesso acartonado ocorreu quando a estrutura e a alvenaria externa já estavam definidas.

Nessa obra, utilizou-se o projeto fornecido pelo fabricante, cujo conteúdo será detalhado mais adiante. Porém, observou-se que os perfis metálicos foram montados antes do recebimento do projeto e, questionado sobre tal situação, o engenheiro da obra justifica que “*para esse serviço não há a necessidade de projeto*”.

Já na obra “**D**”, a opção pelo emprego do gesso acartonado ocorreu na etapa de concepção do edifício.

Ainda assim, a construtora enfrentou alguns problemas no momento da execução, pois o projeto da divisória foi desenvolvido baseando-se somente no projeto de arquitetura e com a obra em andamento.

Em entrevista com o responsável pelo projeto da divisória, esse afirma que muitas compatibilizações tiveram de ser realizadas no momento da execução, sendo que muitas paredes concebidas inicialmente para serem de alvenaria passaram a ser de gesso acartonado.

Em ambas as obras, devido às deficiências no desenvolvimento de um projeto de divisórias de gesso acartonado, observou-se que muitas soluções precisaram ser adaptadas às condições da obra, reduzindo o potencial de racionalização desse subsistema.

A situação ideal é que a definição dos componentes a serem empregados no edifício ocorra na sua fase de concepção, pois assim há a possibilidade da coordenação simultânea das interfaces entre os subsistemas. Dessa forma, aumenta-se o potencial de otimização dos custos, das soluções e da melhoria do desempenho do produto final, uma vez que o processo de execução é pensado anteriormente.

Porém, ainda tem sido comum que o projeto para produção, quando utilizado, seja desenvolvido após a realização de alguns projetos, como arquitetura, por exemplo. BARROS [1996] destaca que, nessa situação, pode-se limitar o

potencial de racionalização, não sendo possível efetuar algumas alterações que visem à racionalização do processo de produção.

Ainda assim, a autora defende a realização do projeto para produção pois, através de sua elaboração, pode-se minimizar as interferências através de alterações em alguns subsistemas que ainda permitam alguma modificação.

No caso das divisórias de gesso acartonado, alguns fabricantes de chapas de gesso fornecem o projeto às construtoras, sendo que cada fabricante possui seu próprio padrão de nomenclatura e representação dos vários tipos de divisórias.

Há também no mercado algumas empresas de projeto que vêm desenvolvendo o projeto das divisórias de gesso acartonado.

Com relação ao conteúdo, que é apresentado no Anexo B deste trabalho, o projeto fornecido pelo fabricante de chapas de gesso apresenta uma planta baixa contendo:

- a localização dos montantes;
- a indicação das chapas de gesso; e
- as características de cada divisória, indicando o tipo de chapa a empregar, o peso da divisória e a existência ou não de isolante termo-acústico.

Quanto às empresas de projeto, existem algumas diferenças com relação ao conteúdo entre uma empresa e outra, mas basicamente o projeto tem contemplado:

- planta baixa, contendo a localização das divisórias, dos montantes e os tipos de cada divisória, abordando as mesmas características fornecidas pelos fabricantes de chapas de gesso acartonado. Nessa planta também é feita a identificação de cada uma das divisórias;
- elevação de cada divisória, apresentando-se a localização dos montantes, das instalações hidráulicas e elétricas e reforços previstos;
- detalhes de montagem, como junção de divisórias, por exemplo;
- detalhe das interfaces com os demais subsistemas, como por exemplo, a ligação das divisórias com a estrutura e a interface entre divisória e piso, no caso de ambientes molháveis.

No Anexo C apresenta-se um projeto de divisórias de gesso acartonado desenvolvido por uma empresa de projeto.

Comparando-se os projetos fornecidos pelos fabricantes de chapas e os fornecidos pelas empresas de projeto, fica evidente que esse último apresenta um conteúdo melhor, possibilitando, inclusive, prever e corrigir algumas incompatibilizações entre os projetos da divisória e de outros subsistemas.

Mas ainda assim, é necessário melhorar o conteúdo do projeto, cujo enfoque tem sido somente na forma do produto.

Um dos grandes problemas detectados e que certamente reflete no conteúdo do projeto, refere-se à falta de conhecimento de alguns projetistas sobre a tecnologia de execução das divisórias de gesso acartonado.

Na obra “**G**”, por exemplo, a empresa que elaborou o projeto da divisória realizava essa atividade pela primeira vez, buscando com os fabricantes de chapas de gesso as informações que julgava necessárias.

Como consequência, os detalhes de interface com os outros subsistemas não eram contemplados e os detalhes apresentados, algumas vezes, não contribuíam para solucionar os problemas que, certamente, surgirão na etapas de execução.

Como exemplo, cita-se aqui o detalhamento do encontro entre a divisória e o piso em ambientes molháveis, que indicava apenas que a chapa de gesso não deveria ser encostada no piso. Porém, esse detalhe não apresentava uma solução com relação à impermeabilização, nem especificava como deveria ser preenchido o espaço existente entre a chapa de gesso e o piso.

Um outro problema observado refere-se à falta de padronização no processo de elaboração dos projetos, o que certamente compromete o seu conteúdo.

AGUIARI [1994], ao relatar sua experiência na execução de projeto de uma extinta empresa montadora de forros e divisórias de gesso acartonado, detectou que um dos fatores que afetavam a qualidade dos serviços era a inexistência de padronização para elaboração dos projetos.

Devido a esse problema, a forma de apresentação do projeto acabava por ser afetada negativamente quando havia uma sobrecarga de serviço no escritório de projeto, pois as conferências, verificações e mesmo algumas etapas de elaboração eram feitas de forma superficial.

O autor destaca também que o processamento das informações era realizado de forma deficiente, de modo que havia dificuldade na troca de informações entre os diversos projetistas, gerando paradas e perda de tempo.

Com relação às empresas construtoras visitadas, observou-se que nenhuma delas possui metodologia para a elaboração do projeto para produção e, em se tratando das divisórias de gesso acartonado, a maioria das construtoras estão utilizando-as pela primeira vez, sendo que nenhuma dessas empresas possui procedimento padronizado para a execução dessas divisórias.

A fim de minimizar a atual deficiência dos projetos, tem sido comum a construção de protótipos no próprio edifício, como ocorreu nas obras “**B**”, “**C**”, “**D**”, “**F**” e “**G**”. É nessa fase que estão sendo definidas as tipologias das instalações hidráulicas e elétricas e sua forma de fixação, o sistema de impermeabilização, o batente a ser utilizado, entre outros.

Em suma, através da construção do protótipo, as construtoras vêm procurando definir principalmente as soluções de interface que serão adotadas no momento da execução.

É certo que essa etapa tem sido de grande valia para o aprendizado e conhecimento das empresas construtoras. Porém, as soluções adotadas não costumam ser documentadas, sendo comum observar, na fase de execução, a adoção de uma solução diferente com relação à utilizada no protótipo.

Fica evidente então que a construção do protótipo não elimina a necessidade da elaboração de um projeto que contemple os aspectos da produção, mas pode servir para detectar alguma deficiência no projeto, podendo ser corrigido

para que não se repita na etapa de execução e mesmo para que não se repita o erro em etapas futuras.

Considerando-se os aspectos relacionados à deficiência do projeto apresentados anteriormente e também à necessidade de melhoria com relação ao conteúdo e metodologia para elaboração do projeto de vedação vertical interna de chapas de gesso acartonado, apresenta-se a seguir algumas diretrizes para sua elaboração e o conteúdo em cada etapa do processo, baseando-se na metodologia para elaboração de projeto de alvenaria desenvolvida por MELHADO; BARROS; SOUZA [1995].

Essa metodologia propõe que a elaboração do projeto para produção seja desenvolvida em duas partes distintas:

- a) interface do projeto para produção de uma determinada atividade com as demais disciplinas do projeto; e
- b) interface do projeto para produção de uma determinada atividade com a produção propriamente dita.

Em cada uma dessas etapas devem ser realizadas várias atividades, sendo ilustrada na figura 5.2 a seqüência para a execução do projeto para produção das divisórias de gesso acartonado.

5.1.1 Anteprojeto

Na elaboração do anteprojeto das divisórias de gesso acartonado, deve-se verificar as interferências que ocorrem entre os demais anteprojetos,

identificando-se as soluções que apresentam melhor eficiência ao produto como um todo.

A fase do anteprojeto compreende duas etapas:

- 1) análise e levantamento de informações dos anteprojetos que interferem na produção das divisórias de gesso acartonado, como estrutura, instalações, impermeabilização e arquitetura;
- 2) desenvolvimento do anteprojeto das divisórias de chapas de gesso acartonado.

FIGURA 5.2: Seqüência das atividades para o desenvolvimento do projeto para produção das divisórias de gesso acartonado.

5.1.1.1 Análise dos anteprojetos

Uma vez que é possível executar a divisória de gesso acartonado com várias tipologias diferentes, acredita-se que inicialmente deve-se definir os critérios de desempenho desejados para cada ambiente, os quais foram apresentados no capítulo 2.

A partir desses critérios, deve-se realizar uma análise crítica dos demais anteprojetos, propondo alterações com vistas a obter uma maior facilidade no processo de execução.

5.1.1.2 Análise crítica dos anteprojetos

Dentro dessa análise crítica, os seguintes aspectos devem ser contemplados:

- Anteprojeto de arquitetura

- ↳ uso a que se destina o edifício, bem como o seu padrão de acabamento, para se definir os critérios de desempenho;
- ↳ comprimento e altura das divisórias, para compatibilizar com as dimensões das chapas de gesso e otimizar a modulação horizontal e vertical das mesmas;
- ↳ espessura da divisória, com a camada de revestimento (pintura, por exemplo); para especificar os componentes que poderão ser empregados (espessura das chapas de gesso, largura das guias e montantes);

- ↳ localização e dimensões de vãos e aberturas para a colocação de portas e esquadrias, considerando o tipo de esquadria especificado, as formas de fixação, as folgas necessárias para tal e o posicionamento dos montantes, visando compatibilizar a modulação horizontal e vertical das chapas de gesso;
- ↳ componente vertical a ser empregado nas fachadas do edifício, para especificar a forma de fixação da divisória à mesma;
- ↳ leiaute do pavimento tipo com a locação das mobílias, para a previsão da colocação de reforços no interior da divisória.

▪ Anteprojeto de estruturas

- ↳ localização dos elementos estruturais, para otimizar a modulação horizontal e vertical das chapas de gesso;
- ↳ dimensões dos pilares e espessura das vigas, para definir se as divisórias terão espessura final igual aos elementos estruturais, ou se haverá requadrações. No caso das vigas, verificar sua altura e compatibilizar com a modulação das chapas;
- ↳ localização das juntas estruturais, compatibilizando com a modulação das chapas de gesso;
- ↳ características de deformabilidade das lajes e vigas, para especificar a forma de fixação da divisória a esses elementos.

▪ Anteprojeto das instalações hidráulicas

Definir inicialmente se as instalações hidráulicas e sanitárias ficarão embutidas na divisória ou não. No caso das instalações ficarem embutidas, analisar:

- ✎ a viabilidade de concentrar as passagens de prumadas em “*shafts*”, visando menor interferência com a execução da divisória;
- ✎ características das tubulações: rígidas ou flexíveis, para definir a forma de fixação dos mesmos, bem como o seu posicionamento dentro da divisória;
- ✎ diâmetro das tubulações, que deve ser compatível com a espessura da divisória;
- ✎ localização dos pontos de alimentação, analisando sua interferência com a posição dos montantes;
- ✎ especificação e localização dos equipamentos sanitários, para que seja possível definir a forma de fixação desses à divisória, caso seja necessário. Deve-se ainda compatibilizar a localização dos montantes com as posições desses equipamentos.

■ Anteprojeto das instalações elétricas

- ✎ especificação, dimensões e localização dos quadros de luz, para definir a sua forma de fixação e a compatibilidade com a posição dos montantes;

- ↳ tipo de eletroduto empregado: rígido ou flexível, para definir a sua forma de fixação na divisória, bem como a compatibilização com a localização dos montantes, no caso de eletrodutos rígidos;
- ↳ localização das caixas de luz e especificação do material empregado, para que seja compatível com a localização dos montantes, e para se definir a forma de fixação desse material à divisória;
- ↳ concentração de tubulações, que deve ser compatível com a espessura da divisória.

- Anteprojeto de impermeabilização

- ↳ sistema de impermeabilização a ser empregado, analisando as soluções de interface no encontro entre a divisória e o piso.

Uma vez realizada a análise crítica dos anteprojetos, prossegue-se o desenvolvimento do anteprojeto das divisórias.

5.1.1.3 Anteprojeto das divisórias de chapas de gesso acartonado

Para a elaboração do anteprojeto das divisórias de chapas de gesso acartonado, deve-se analisar:

- a necessidade de se utilizar isolante termo-acústico, em função dos critérios de desempenho preestabelecidos;
- a otimização da modulação horizontal das chapas de gesso em função das dimensões dos pilares e do comprimento das divisórias, para minimizar os recortes nas chapas;

- a otimização da modulação vertical das chapas de gesso em função do pé direito e das alturas das vigas, visando minimizar os recortes nas chapas;
- a elevação das divisórias com passagens de instalações elétricas e hidráulicas;
- a elevação das divisórias que farão interface com o sistema de impermeabilização;
- a elevação das divisórias em que há previsão de reforços para fixação de móveis, objetos e aparelhos sanitários;
- a elevação de divisórias em que há portas e esquadrias, procurando otimizar a dimensão desses componentes com a localização dos perfis metálicos e dimensões das chapas de gesso.

5.1.2 Detalhamento do projeto executivo de divisórias de chapas de gesso acartonado

O detalhamento do projeto executivo deve estar expresso sob forma de desenhos, recomendando-se que esses desenhos não sejam apresentados em folhas de grandes dimensões, para não dificultar o manuseio na obra.

Embora não seja objeto deste trabalho, ressalta-se que esse mesmo procedimento deve ser adotado para as vedações de fachada, cujas soluções devem estar compatibilizadas com os demais subsistemas com o qual se interage, como é o caso das divisórias de gesso acartonado.

Com relação ao seu conteúdo, devem ser apresentados:

- planta de furação das instalações elétricas e hidráulicas;
- planta baixa de locação das guias, especificando o componente de fixação a ser utilizado e a distância entre um componente de fixação e outro;
- planta baixa contendo a identificação de todas as divisórias do pavimento tipo, bem como a localização e espaçamento dos montantes. Nessa planta, o posicionamento dos montantes serve também para indicar o sentido que as chapas de gesso devem ser fixadas, conforme foi abordado no item 4.3 do presente trabalho;
- caracterização de cada tipo de divisória, com informações como espessura, especificação das chapas a serem empregadas, tipo e espessura do isolante termo-acústico;
- elevação das divisórias, apresentando a modulação das chapas, as distâncias entre os parafusos de fixação das chapas, a posição dos montantes, identificando aqueles que deverão ser fixados às guias e, quando houver, os reforços e as passagens de instalações hidráulicas ou elétricas devendo, nesse último caso, registrar os elementos que compõem as instalações (caixa elétrica, pontos hidráulicos, entre outros);
- detalhamento das junções entre divisórias;
- detalhamento das interfaces da esquadria com a divisória, apresentando a disposição dos perfis metálicos e a forma de fixação da esquadria nesses perfis;

- detalhamento da fixação e interface da divisória com os componentes estruturais e também com a vedação vertical de fachada;
- detalhamento da fixação das instalações hidráulicas e elétricas;
- detalhamento da fixação do lavatório, bacia sanitária, box, banheira, caixa de luz e quadro de luz;
- detalhe de impermeabilização em ambientes molháveis;
- especificação, relação e quantificação dos materiais e componentes que serão empregados para a execução da divisória.

Após a etapa de detalhamento, realiza-se novamente uma análise crítica, para verificar se as alternativas propostas podem ser melhoradas, com relação ao aspecto da racionalização na produção, e também, para detectar se as informações presentes são suficientes para que a execução seja realizada corretamente.

Observa-se que nessa etapa os componentes de instalações hidráulica e elétrica, portas e esquadrias, bem como o sistema de impermeabilização a ser utilizado já devem estar definidos, pois os detalhes do projeto são específicos para cada solução.

5.1.3 Elaboração do projeto para produção

Essa etapa analisa a interface do projeto com a atividade de produção, tendo como objetivo “antecipar e direcionar as atividades a serem desenvolvidas no canteiro de obras (...)” [MELHADO; BARROS; SOUZA, 1995].

O seu desenvolvimento pode ocorrer em dois momentos distintos:

- na etapa de elaboração dos projetos, logo após o desenvolvimento do anteprojeto e paralelamente ao desenvolvimento do projeto executivo das divisórias;
- com a obra na fase de execução, porém, deve ser elaborado antes do início da execução das divisórias.

Uma vez que o projeto para produção possui uma interface com a obra, acredita-se que esse projeto deva ser coordenado por alguém da construtora, que conheça a cultura construtiva da empresa e vivencie a realidade da obra, como a gerência da obra, por exemplo.

Para a elaboração do projeto para produção, os principais aspectos a considerar são: a organização do canteiro de obras e a definição da sequência de execução.

5.1.3.1 Organização do canteiro de obras

A organização do canteiro de obras envolve os estudos e as definições da área de armazenamento dos materiais e componentes que serão empregados, bem como dos equipamentos para o transporte dos mesmos.

Para a definição da área para armazenagem dos materiais e componentes da divisória, considera-se duas situações:

- a) quando a estocagem é feita no pavimento: essa situação é comum para o caso das divisórias de gesso acartonado, uma vez que a sua execução

costuma ser postergada e o pavimento tipo fica liberado para a realização desse serviço. Nessa situação, recomenda-se distribuir os componentes por várias pilhas, situadas próximas às divisórias que serão executadas, otimizando-se assim o tempo para o transporte dos mesmos. Para otimizar a circulação das pessoas e o transporte dos componentes, deve-se elaborar uma planta do pavimento tipo com os pontos de estocagem dos componentes. Para isso, a quantidade dos componentes a serem utilizados deve ser determinada previamente.

- b) quando a estocagem não é feita no pavimento: nesse caso, deve-se prever um local coberto, limpo e seco. Uma vez que se busca a racionalização do processo de produção, essa situação não é a ideal, pois há a necessidade de se realizar um duplo transporte, interferindo desfavoravelmente na produtividade do serviço.

Os cuidados referentes à estocagem dos materiais e componentes foram salientados inicialmente pela autora em TANIGUTI; BARROS [1998], recomendando-se:

- chapas de gesso: devem estar dispostas em camadas planas e firmes, não devendo estar em contato direto com o piso. Para isso, pode-se empregar um apoio de madeira, com largura mínima de 10 cm e espaçamentos a cada 40 cm. Sugere-se a utilização de um estrado para este fim. Recomenda-se o empilhamento das chapas até aproximadamente 1,60m, para facilitar a retirada das chapas no instante da aplicação. Mas, quando a estocagem não é feita no próprio pavimento, muitas vezes é necessário estocar pilhas maiores, podendo estocar no máximo 5m de chapas de

gesso [PLACO DO BRASIL, s.d.]. Nesse caso, deve-se colocar apoios transversais a cada 1,20m, tomando-se cuidado para que esses fiquem alinhados. A figura 5.3 ilustra como as chapas devem ser armazenadas;

- perfis metálicos: recomenda-se que o armazenamento seja feito separando os perfis por dimensão e por utilização (separar os montantes das guias), para melhorar a organização. Os perfis metálicos devem ser depositados na posição horizontal, em um local plano e não devem entrar em contato direto com argamassa, concreto frescos ou cimento;

FIGURA 5.3: Armazenamento das chapas de gesso acartonado (a) pilhas com altura superior a 1,60m; (b) pilhas de até 1,60 m de altura.

- massa para tratamento das juntas: da mesma forma que as chapas de gesso, recomenda-se que esse material, quando adquirido sob a forma de pó, seja depositado sobre estrado, conforme ilustra a figura 5.4. Deve-se ter o cuidado para não misturar os pacotes com prazos de validade diferentes,

organizando os estoques de modo que possibilite a utilização dos sacos mais antigos primeiro. Em analogia à proposta da NR-18 para o armazenamento de sacos de cimento [SAMPAIO, 1998], recomenda-se que as pilhas de sacos não tenham mais que 10 unidades de altura;

Caso seja empregada a massa pronta para tratamento das juntas, além de organizar as embalagens de acordo com o prazo de validade, a BS 8212 [BSI, 1995] ressalta que as pastas à base de resina devem ser estocadas de modo a evitar que se constituam num risco potencial de início e ou propagação do fogo.

FIGURA 5.4: Armazenamento do material em pó para tratamento das juntas.

Além dos cuidados relativos à estocagem, o equipamento de transporte vertical a ser empregado também deve ser considerado, sobretudo para as chapas de

gesso acartonado pois, devido à sua massa e às suas dimensões, o transporte realizado de forma manual torna-se inviável em edifícios de múltiplos pavimentos.

O transporte vertical dos materiais e componentes, como as chapas de gesso acartonado e os montantes, pode ser feito através do elevador de obra ou da grua, sendo que nesse último caso as chapas de gesso devem estar apoiadas sobre paletes.

Em ambos os casos, deve-se procurar minimizar as interferências com o transporte de outros materiais.

5.1.3.2 Programação da execução

Nessa última fase do projeto, deve-se definir as etapas e a seqüência de execução das divisórias no pavimento tipo, para que o processo de execução ocorra segundo uma seqüência ótima.

No caso das divisórias de gesso acartonado, essa etapa é extremamente importante, devendo ser analisada cuidadosamente, uma vez que a execução de vários subsistemas ocorrem simultaneamente à execução da divisória.

Além disso, as chapas de gesso acartonado não podem ficar expostas à ação de intempéries, de modo que a etapa de fechamento da divisória está intimamente ligada à execução da fachada.

De um modo geral, os seguintes aspectos devem ser observados em cada etapa da execução da divisória:

a) locação e fixação das guias: nessa etapa, os revestimentos de argamassa e de gesso, caso existam no pavimento, bem como o contrapiso, devem ter sido executados e curados; as furações da laje para a passagem das instalações já devem ter sido executadas.

b) colocação dos montantes: previamente à colocação dos montantes, recomenda-se que as prumadas das tubulações sejam executadas, permitindo que o operário que realizará as instalações hidráulicas tenha maior mobilidade para a execução do serviço.

Para obter maior produtividade no serviço, a colocação dos montantes costuma ocorrer logo após a fixação das guias. Nessa etapa não há a necessidade da execução da vedação vertical externa, sendo essa situação possível de ocorrer no caso do emprego de painéis pré-moldados nas fachadas, por exemplo.

Nesse caso, porém, ressalta-se a importância da elaboração de um planejamento para que as duas atividades sejam conduzidas harmoniosamente pois, caso contrário, a produtividade de um serviço poderá ser fortemente prejudicada.

c) fechamento da primeira face da divisória: o início do fechamento da divisória só deverá ocorrer se não houver poças de água no piso e se o pavimento estiver protegido contra a ação de intempéries. Nesse caso, as vedações externas obrigatoriamente já devem ter sido executadas.

É nessa etapa também que são executadas as instalações prediais, sendo comum a presença de instaladores elétricos, instaladores hidráulicos e montadores de divisória num mesmo pavimento.

d) fechamento da segunda face da divisória: após o embutimento de todas as instalações elétricas e hidráulicas, a realização de testes desses últimos e a colocação de reforços previstos em projeto, pode-se fechar a outra face da divisória.

Após o fechamento das duas faces, executa-se o tratamento das juntas das chapas de gesso e a impermeabilização nas áreas molháveis.

Observa-se que, para a elaboração do projeto para produção das divisórias de gesso acartonado, deve-se considerar o fato de que várias atividades ocorrem simultaneamente.

E é justamente por esse motivo que o projeto para produção deve ser realizado, pois se as dificuldades e as interferências forem detectadas somente na etapa de produção, a possibilidade de solucioná-las de forma ótima é praticamente nula e certamente haverá desperdícios de mão-de-obra e de material.

5.2 Contratação da Montadora

Para a escolha do fornecedor dos componentes das divisórias, a construtora efetua o primeiro contato com os fabricantes de chapas de gesso, expondo os serviços que pretende realizar.

O fabricante de chapa de gesso então recomenda algumas montadoras por ele credenciadas, considerando o porte do serviço. A montadora é a empresa fornecedora de materiais, componentes e mão-de-obra para a execução das

divisórias, não estando incluídos os serviços de fixação de esquadrias, execução das instalações e de revestimento.

Caso a construtora deseje, pode contratar um fornecedor de materiais e componentes e utilizar mão-de-obra própria. Porém, em todas as obras visitadas, as construtoras optaram pela subcontratação, seguindo uma tendência atual na construção civil.

Tendo-se questionado as construtoras sobre o motivo pelo qual escolheram a subcontratação, pôde-se listar diversos deles, os quais convergem para os resultados da pesquisa realizada por BRANDLI; JÜNGLES [1998a], que apontam as seguintes razões pelas quais as construtoras têm optado pela subcontratação:

- **estratégia da empresa:** a construtora concentra seus esforços nas atividades financeiras e administrativas, através do fornecimento de material, recrutamento de empreiteiros e coordenação dos mesmos;
- **variação na demanda do mercado imobiliário:** através da subcontratação torna-se mais fácil administrar a variabilidade da demanda, não sendo necessário manter um quadro fixo de funcionários;
- **questões trabalhistas:** a subcontratação minimiza as despesas referentes às ações judiciais movidas pelos operários, pois essas passam a ser respondidas pelos empreiteiros;

- **melhor relacionamento dos empreiteiros com os operários:** o relacionamento entre o empreiteiro e seus operários é mais próximo do que entre a construtora e seus operários.

Por outro lado, as construtoras, segundo BRANDLI; JÜNGLES [1998b], apontam como principais desvantagens da subcontratação:

- **deficiência na capacitação tecnológica:** os empreiteiros não respondem satisfatoriamente às exigências da construtora, quanto aos aspectos construtivos e prazos;
- **difículdade de controle dos operários:** a construtora não tem controle sobre o recrutamento e rotatividade dos operários;
- **pagamento dos subcontratantes:** é comum a ocorrência de desacordos tanto com relação ao preço do serviço quanto à medição.

Analisando-se as desvantagens citadas pelas construtoras ao subcontratar os serviços de execução, pode-se dizer que são passíveis de serem suplantadas, através do estabelecimento de critérios para contratação de empreiteiros e da definição clara das atribuições que esse deve desempenhar.

BARROS [1996] destaca a necessidade da evolução na relação entre construtora e empreiteira, caso se deseje evoluir no processo de produção de edifícios, salientando que a decisão pela contratação não deve ser tomada somente em função do preço estabelecido pelo serviço.

No caso específico das divisórias de gesso acartonado, quando se iniciou a pesquisa para o desenvolvimento deste trabalho, observou-se nas visitas às

obras que a escolha do fornecedor vinha sendo feita pelo menor preço oferecido, pois, segundo os diretores das construtoras: *“os componentes são os mesmos, então ganha a obra quem fizer mais barato!”*

Por essa ocasião, os fabricantes de chapas de gesso, ao serem indagados sobre os problemas envolvendo as montagens das divisórias, relataram que os maiores problemas ocorreram quando as construtoras resolviam fazer um “leilão” entre as montadoras e algumas delas acabavam oferecendo serviços por preço abaixo do mínimo necessário para se ter condições de dar continuidade ao serviço.

Atualmente, observa-se uma mudança gradativa dessa postura, percebendo-se uma certa preocupação por parte de algumas construtoras na escolha do fornecedor, ainda que não realizem uma avaliação metódica dos mesmos.

Aos poucos, os bons e maus fornecedores começam a ser identificados pelo mercado mas, apesar disso, observa-se que o preço ainda continua sendo um fator determinante para muitas construtoras para a escolha do fornecedor.

Uma mudança observada quando do início deste trabalho é com relação à “fidelidade” da mão-de-obra a uma montadora. Há alguns anos, a equipe de montadores não se limitava a trabalhar somente com uma montadora. Assim sendo, não era estranho no serviço de gesso acartonado, contratar uma montadora diferente e o serviço ser executado pela mesma equipe de mão-de-obra contratada num primeiro serviço.

Essa situação ocorria porque a demanda pelos serviços não era muito grande, de modo que as equipes de mão-de-obra mantinham contato com várias montadoras para reduzir o seu tempo de ociosidade.

Atualmente, com a demanda cada vez mais crescente desse método construtivo, a mão-de-obra tem se fixado a apenas uma montadora.

Além disso, o número de montadoras vem crescendo continuamente e, por isso, ressalta-se a importância da empresa construtora, principalmente aquela que irá utilizar a divisória de gesso acartonado pela primeira vez, em realizar a avaliação das montadoras, não devendo balizar a decisão somente pelo preço ou pela reputação da montadora no mercado.

Percebe-se que o estabelecimento, por parte da construtora, de critérios para avaliação do fornecedor é de fundamental importância, uma vez que a montadora é a empresa responsável por duas atividades que normalmente são feitas de forma independente: o fornecimento de componentes e a execução do serviço.

Uma situação observada nas obras “**B**”, “**D**” e “**G**” foi a avaliação para a escolha das montadoras através das montagens de protótipos, além da análise do preço do serviço.

Apesar dessa avaliação inicial, não houve uma avaliação de forma metódica durante a execução do serviço.

Como um dos reflexos dessa situação, relata-se aqui alguns problemas ocorridos na obra “**G**”. Nessa obra, houve um período em que não havia

componentes em quantidade suficiente para a continuidade do serviço. A realização do pedido dos componentes é de competência da montadora. A montadora, questionada pela construtora sobre esse problema, atribuiu a responsabilidade ao fabricante de chapas de gesso. O fabricante, por sua vez, alega que a montadora efetuou o pedido “em cima da hora”.

Além disso, a montadora superestimou a quantidade de componentes necessários e, ao final da obra, houve uma sobra de componentes que, em custos, equivalia a aproximadamente 450m² de divisória.

Infelizmente, esses problemas ficaram registrados somente na memória da equipe técnica da obra e, posteriormente, haverá uma dificuldade para realizar uma comparação entre as diferentes montadoras.

Visando evitar problemas com as montadoras, seja decorrente do fornecimento dos componentes ou com a execução dos serviços, recomenda-se:

- antes de contratar o serviço, a construtora deve entrar em contato com as montadoras e visitar o seu depósito, para verificar as condições de armazenamento dos materiais e componentes;
- a construtora deve conhecer as obras onde as montadoras estão executando o serviço, bem como aquelas onde o serviço foi concluído, procurando verificar o seu nível de qualidade e o grau de satisfação da contratante.

Ressalta-se que essas visitas às montadoras devem ser feitas por pessoa devidamente capacitada, a qual deverá verificar:

- o sistema administrativo da empresa visitada;
- a gestão de sua organização;
- a capacidade de atender à demanda;
- a capacidade de produção;
- a integridade no mercado; e
- o histórico dos trabalhos realizados.

Além disso, é importante que a construtora avalie a qualidade do serviço e do atendimento da montadora escolhida durante a execução da divisória. Através dessa avaliação, é possível obter parâmetros comparativos quando o serviço for executado por outra montadora, e possibilita saber também quais serviços devem ser melhorados e o quanto esses devem melhorar, para atender aos padrões requeridos pela construtora.

Essa avaliação torna-se fundamental à medida que as construtoras buscam uma relação de parceria com seus fornecedores e, através dos dados avaliados, torna-se mais fácil saber quais montadoras estão aptas para esse tipo de relacionamento com a construtora. A tabela 5.3 ilustra um modelo para avaliação dos fornecedores, que foi adaptado de ISSATO; FORMOSO [1997].

5.3 Treinamento da Mão-de-obra

Quando se deseja racionalizar um determinado serviço, é imprescindível considerar a participação da mão-de-obra, que deve estar capacitada para desempenhar as funções que lhe forem atribuídas.

TABELA 5.3: Critérios de avaliação de fornecedores [adaptado de ISSATO; FORMOSO, 1997]

Critério	Quando	Quem/Onde	Como	Pontos	Observações
Preço	Na análise da contratação do serviço	Setor de suprimentos	Preço acima do mercado: 0 Preço de mercado: 3 Preço abaixo do mercado: 5		
Forma de pagamento	Na análise da contratação do serviço	Setor de suprimentos	Antecipado: 0 Na entrega: 2 15 dd entr.: 3 30 dd entr.: 4 45 dd entr.: 5		Refere-se ao prazo médio quando houver mais de uma parcela
Prazo de entrega do serviço	Na análise da contratação do serviço	Obra	Prazo acima do mercado: 0 Prazo do mercado: 3 Prazo abaixo do mercado: 5		
Atendimento do fornecedor	Na contratação do serviço	Setor de suprimentos	Não gostou do atendimento: 0 Gostou do atendimento: 5		
Cumprimento das condições de pagamento	Nas medições dos serviços	Obra	Preço do serviço: 5 (ok) e 0 (não ok) Prazo de pagamento: 5 (ok) e 0 (não ok) Documentação/notas fiscais: 5 (ok) e 0 (não ok)		
Qualidade do serviço	Nas medições do serviço, através de especificações da empresa construtora	Obra	Não atende às especificações: 0 Atende às especificações: 5		Caso não atenda às especificações, explicar os itens que não atende.
Pontualidade na entrega	No recebimento do serviço	Obra	Não entregue no momento combinado: 0 Entregue no momento combinado: 5		
Assistência Técnica	No caso de solicitação de assistência técnica	Obra	Não solucionou: 0 Solucionou parcialmente: 3 Solucionou: 5		Adotar a menor nota dentre os dois aspectos avaliados
Total dos Pontos Somados pela Empresa					

No caso das divisórias de gesso acartonado, os fabricantes de chapas de gesso têm oferecido treinamento para a formação de mão-de-obra de montagem.

As montadoras, para serem “credenciadas” pelos fabricantes de chapas de gesso, necessariamente devem participar do programa de treinamento oferecido pelos mesmos.

As construtoras também podem enviar seus funcionários para realizarem esses cursos, seja para formação da mão-de-obra própria para a montagem das divisórias, seja para o corpo técnico conhecer melhor o processo de execução das divisórias.

Na tabela 5.4 são apresentadas algumas características do curso de treinamento de dois fabricantes de chapas de gesso, baseando-se nas informações fornecidas por esses fabricantes.

Através dessa tabela, percebe-se que não há grande variação no conteúdo dos cursos oferecidos. Com relação à carga horária, acredita-se que essa seja baixa e a pessoa que está participando do treinamento não consegue assimilar todas as informações passadas durante o curso.

Além disso, o material “didático” fornecido ainda possui um enfoque bastante comercial e a pessoa que está participando do treinamento, que é constituída na sua maioria por operários de obra, como pedreiro, carpinteiro e pintor, não se sente motivada a “estudar” esse material.

TABELA 5.4: Características do curso de treinamento oferecido pelos fabricantes de chapas de gesso.

Empresa	Local do curso	Carga horária	Material “didático” fornecido	Aspectos abordados no curso
Knauf	Senai de São Paulo, do Rio de Janeiro e de Salvador	≈ 40 horas – 5 dias	Manual de Treinamento [KNAUF; SENAI, 1999], contendo as características dos produtos comercializados e procedimentos de execução de divisórias e forros	<ul style="list-style-type: none"> -palestra apresentando a empresa e vídeo sobre forros e divisórias de gesso acartonado; -apresentação das ferramentas e dos equipamentos necessários para a execução; -explicação sobre cuidados no transporte e manuseio das chapas de gesso; -montagem de divisórias com abertura para uma porta; -tratamento das juntas entre chapas; e -execução de forro.
Placo do Brasil	Fábrica em Mogi das Cruzes e, fora das proximidades de São Paulo, ministra o curso na própria construtora	≈ 16 horas – 2 dias	Manual de Sistemas Placostil [PLACO DO BRASIL, s.d.], contendo os cuidados no transporte, estocagem e corte das chapas de gesso, execução de forros e divisórias e produtos comercializados e procedimentos de execução de divisórias e forros	<ul style="list-style-type: none"> -visita à fábrica de chapas de gesso; -palestra sobre a empresa e vídeo sobre as divisórias e forros de gesso acartonado; -apresentação das ferramentas e dos equipamentos necessários para a execução; -montagem de divisórias com abertura para uma porta; -tratamento das juntas entre chapas; -execução de forro; -colocação de reforços internos e fixação das caixas de luz

Com relação aos instrutores, no caso da Knauf, esses realizaram treinamento no exterior e, no caso da Placo, o instrutor possui vivência de 5 anos em obras e também acumulou experiência de 15 anos na Gypsum do Nordeste.

Geralmente esses instrutores, tanto da Knauf como da Placo, acompanham também as obras que estão empregando os seus produtos e, de certa forma, é feito um acompanhamento dos resultados do treinamento. Porém, esse ocorre de modo informal e sem metodologia específica, não sendo documentados os itens necessários para a retroalimentação dos resultados.

A baixa carga horária do treinamento, a falta de distribuição de um material que realmente seja didático e a não retroalimentação dos problemas detectados em obra tem gerado uma insatisfação por parte dos construtores com relação à mão-de-obra.

No depoimento de um construtor, esse manifesta o seu descontentamento com a mão-de-obra de execução das divisórias de gesso acartonado que, na sua opinião, *“cobra um preço que não é compatível com a qualidade de serviço que oferece”*.

Essa mesma opinião é compartilhada pelos engenheiros das obras **“F”** e **“G”**, que destacaram a deficiência da mão-de-obra como um dos maiores problemas na atualidade desse sistema de vedação vertical.

As obras **“B”** e **“D”** também tiveram problemas com a mão-de-obra, trocando de montadora durante a execução da divisória, devido à insatisfação da construtora com a qualidade dos serviços dos antigos montadores.

Esse descontentamento também foi relatado em alguns artigos, como o escrito por CAPOZZI [1998], por exemplo. Nesse artigo, relata-se a experiência de uma construtora que empregou divisórias de gesso acartonado e, o diretor dessa empresa, ao prestar o seu depoimento, salienta que tiveram dificuldades e problemas com a mão-de-obra.

Uma outra construtora também mostrou-se insatisfeita com a mão-de-obra, chegando a trabalhar com três fornecedores diferentes num mesmo empreendimento [CAPOZZI, 1999].

De fato, se o intuito dos fabricantes de chapas de gesso é formar mão-de-obra “qualificada”, pode-se dizer que não estão conseguindo cumprir plenamente seus objetivos, o que ficou explícito através dos exemplos apresentados.

Nas obras visitadas, ao questionar os operários sobre o treinamento realizado, muitos afirmam que o aprendizado tem ocorrido efetivamente na prática e o curso serve para “dar uma noção” do trabalho.

Além da deficiência no treinamento da mão-de-obra, o crescimento na demanda do serviço também pode ser considerado um fator que vem prejudicando a sua qualidade.

Em todas as obras visitadas, havia montadores recém contratados. Muitas vezes, esses operários eram indicados pelos montadores mais antigos e, para não prejudicar a produtividade do serviço, o serviço era assimilado através da observação das atividades de execução, na própria obra, sem a realização do curso de treinamento oferecido pelos fabricantes de chapas de gesso.

Fica evidente, portanto, que o treinamento da mão-de-obra ainda precisa ser melhorado e, para evitar problemas de patologias decorrentes da execução, como ocorreu na França [MERLET, 1995], julga-se importante que, além do montador, o engenheiro e mestre de obra conheçam a tecnologia construtiva que será empregada na obra.

A importância desse conhecimento pode ser entendida através da situação ocorrida na obra “**A**”, em que o mestre de obra não conhecia a tecnologia e o engenheiro depositava confiança nas equipes dos montadores, pois esses foram recomendados pelo fabricante.

Porém, os montadores não possuíam o domínio da tecnologia, observando-se várias não conformidades durante a realização do serviço, dentre as quais se destacam:

- armazenamento das chapas de gesso em pilhas irregulares, ocasionando a quebra de algumas chapas;
- armazenamento dos sacos de massa para tratamento das juntas diretamente no piso, permitindo que o material entrasse em contato com a umidade do piso;
- falta de padronização na modulação das chapas, observando-se que as chapas eram dispostas de diferentes maneiras em divisórias com mesmas características geométricas;

- muitos parafusos de fixação das chapas de gesso rompiam a camada de cartão, o que não é recomendado, conforme salientado no item 3.1.3 do presente trabalho.

Percebe-se que a falta de controle por parte da construtora permitiu que os montadores realizassem o serviço a seu modo, independente se estava correto ou não.

Para prevenir problemas dessa natureza, além do conhecimento necessário que o responsável pela obra deve possuir, a documentação dos procedimentos de execução e de controle, que reflitam a realidade da construtora, podem servir como balizadores para o controle do serviço.

5.1 Controle no Processo de Execução

O controle no processo de execução, embora seja uma atividade encarada algumas vezes como burocrática, possui grande relevância para a melhoria do produto final, pois através de sua realização é possível detectar as falhas ocorridas durante o processo de execução, procurando-se assim evitar que essas se repitam posteriormente, além de possibilitar também detectar os pontos que podem ser melhorados.

Nesse âmbito, este item descreve os principais aspectos a serem controlados antes, durante e após o processo de execução das divisórias de gesso acartonado.

5.4.1 Recebimento dos materiais e componentes

A atividade de recebimento dos materiais e componentes, que é realizada no próprio canteiro de obras, envolvendo a tarefa de verificação das conformidades dos componentes adquiridos no momento de seu recebimento.

De acordo com BARROS [1996], essa atividade consiste em: receber e conferir os insumos recebidos com relação à qualidade e quantidade; notificar o material que foi recebido; designar o local para o descarregamento e estoque dos materiais; zelar pela conservação dos insumos; controlar o estoque; administrar a transferência e destino dos materiais que sobrem.

No caso das divisórias de gesso acartonado, visto que a relação cliente-fornecedor ainda precisa ser melhorada, considera-se importante a realização de um controle de aceitação para o recebimento dos materiais e componentes, conforme já destacado pela autora em TANIGUTI; BARROS [1997]. Nesse caso, os seguintes critérios de aceitação devem ser considerados:

- **quantidade:** verificar se a quantidade dos componentes corresponde ao pedido de compra. Caso haja diferença, deve-se anotar numa planilha específica e informar ao fornecedor, para que os componentes faltantes sejam repostos ou haja desconto no pagamento;
- **características dos materiais e componentes:** observar se os componentes possuem as características especificadas no projeto ou no pedido de compra.

No caso das chapas de gesso, essas não devem estar quebradas nem fissuradas, e o cartão não deve estar manchado, embolorado ou descascado.

Quanto às tolerâncias dimensionais, enquanto não se tem uma normalização específica, utilizar a tabela 3.1, apresentada no capítulo 3 deste trabalho. De acordo com a ASTM C 36 [1997], a amostragem deve corresponder a 0,25% do número total de chapas de gesso ou pelo menos 3 chapas, o que representar a maior quantidade de exemplares.

Os perfis metálicos, por sua vez, não devem apresentar nenhuma de suas faces amassadas e não devem possuir desvios dimensionais acima dos valores de referência, apresentados na tabela 5.5.

TABELA 5.5: Desvios dimensionais dos perfis metálicos [ASTM, 1995c; BSI, 1990].

	Tolerâncias (mm)			
	Montantes		Guias	
	ASTM	BSI	ASTM	BSI
Comprimento	+ 3,18/ - 6,35	± 3	+ 25,4/ - 6,35	± 3
Largura	± 0,79	± 0,4	+ 3,18 / - 0	± 0,4
Flecha na direção do comprimento	1,27	-	1,27	-
Flecha na direção da largura	± 3,18	-	± 3,18	-
Distância entre orifícios (centro a centro)	+ 3,18	-	-	-
Desvio angular	-	1°	-	1°

Quanto à massa para tratamento das juntas, o responsável pelo recebimento deve estar atento quanto ao seu prazo de validade. Na embalagem dessa massa, encontra-se a data de fabricação. A verificação da data de validade inclui a análise da data de utilização do produto, quando vier a ser empregado. Caso o material não esteja dentro do prazo de validade, deve-se rejeitar todo o material. Deve-se atentar também à embalagem, verificando se mantém a forma original (não está aberta ou rasgada), lembrando ainda que deve ser mantida assim até o momento da utilização.

As fitas para tratamento das juntas devem estar na sua embalagem original, não devendo estar molhadas, rasgadas ou apresentar qualquer tipo de mancha.

Uma vez conhecidos os itens a verificar, para efetuar o recebimento dos materiais e componentes, aceitar somente aqueles que atendam aos requisitos de conformidade.

Os materiais e componentes que não estão em conformidade devem ser rejeitados e notificados, explicitando-se inclusive o tipo de irregularidade apresentada. Deve-se entrar em contato com o fornecedor para que os materiais não aceitos sejam repostos, ou haja desconto no pagamento.

5.4.2 Controle antes da execução das divisórias

Para que os erros provenientes dos serviços anteriores à execução das divisórias de chapas de gesso acartonado não se acumulem, deve-se realizar um controle dos subsistemas executados que interagem com a divisória.

Essa atividade deve ser feita por uma pessoa da construtora, podendo ser engenheiro, tecnólogo ou técnico em edificações, devidamente capacitada e que tenha conhecimento das especificações do projeto das divisórias.

De um modo geral, verificar se o ambiente encontra-se limpo, completamente seco e protegido contra a entrada de água. Os serviços com a utilização de água (concreto, argamassa, gesso) devem ter sido concluídos e estarem devidamente curados.

Ressalta-se que os parâmetros e diretrizes de controle aqui apresentados são ainda bastante genéricos, sendo necessário um maior aprofundamento para possibilitar a definição de critérios quantitativos, o que deverá ser contemplado em pesquisas futuras.

5.4.2.1 Controle da estrutura

Para que a execução das divisórias de chapas de gesso acartonado seja compatível com o seu projeto para produção, é necessário verificar as condições da estrutura, com relação às características geométricas.

Para tanto, deve-se estabelecer diretrizes para a realização de seu controle, definindo as tolerâncias admissíveis para os desvios dimensionais das vigas e pilares (prumo, nível, esquadro e planicidade de suas faces), os desvios de locação dos pilares e das vigas, a qualidade do acabamento e a planicidade do piso e do teto e as deformações dos elementos estruturais, sobretudo vigas e lajes.

Deve-se verificar também se os elementos estruturais não contém corpos estranhos impregnados, pois poderão dificultar a fixação das guias, comprometendo o desempenho da divisória.

No caso de lajes acabadas e contrapisos, SOUZA [1996] prescreve que a tolerância admissível para a planeza da superfície é de 3 mm em 2m, verificado através de régua de alumínio com nível de bolha acoplado.

Além disso, deve-se definir quanto tempo após a desforma da laje pode-se iniciar o serviço de execução da divisória, destacando-se que, atualmente, há um desconhecimento sobre o comportamento das divisórias de gesso frente às deformações estruturais, havendo a necessidade de realizar estudos mais aprofundados para se definir esse tempo.

Salienta-se ainda que a situação ideal é a de que toda a estrutura do edifício já esteja concluída e curada, postergando ao máximo a execução das divisórias.

5.4.2.2 Controle das instalações

Com relação às instalações elétricas, deve-se observar se na laje constam as saídas de todos os eletrodutos previstos no projeto.

Um outro fator de grande importância, independente se os eletrodutos vêm do teto ou do piso, é a verificação da locação da saída dos mesmos, que devem coincidir com a locação da guia.

Deve-se verificar também se há algum ponto onde existe concentração de tubulações. Essa situação deve ser evitada pois, além de dificultar a fixação

dos perfis metálicos, muitas vezes **há a necessidade de interromper a guia, permitindo a passagem do som por essa fresta.**

Quanto às instalações hidráulicas, cuidado deve ser tomado na locação da tubulação vertical que, se for embutida na divisória, deve coincidir com a locação das guias.

Além disso, deve-se verificar se os pontos de saída estão corretamente locados e se a abertura na laje possui dimensão compatível com a largura da guia e com o diâmetro da tubulação que será introduzida.

5.4.3 Controle durante a execução das divisórias

Durante a execução da divisória, deve-se realizar o controle de várias atividades, a saber:

- **locação e fixação das guias**, devendo-se verificar:
 - ↳ desvios de locação das guias, admitindo-se uma tolerância de ± 2 mm com relação ao eixo da obra. Essa verificação deve ser realizada após a fixação da guia inferior e, caso haja um desvio maior que a tolerância permitida, a gerência da obra deve analisar e decidir se mantém a guia ou se essa deve ser retirada;
 - ↳ prumo das guias inferior e superior. A BSI [1995] e o CSTB [1981] permitem um desvio de ± 5 mm para um pé direito de 2,5 m ($h/500$). Essa verificação pode ser realizada colocando-se o prumo de face na guia superior e medindo a distância entre a face do prumo e a face da

guia inferior. O prumo entre as guias inferior e superior também pode ser verificado através da utilização de uma régua com nível de bolha acoplado, aceitando-se a situação em que a bolha encontrar-se entre as linhas do nível;

- ⇒ se há regiões na guia que se encontra amassada. Nesse caso, deve-se desamassar a guia e, caso não seja possível desamassá-la ou a face da guia seja rompida na tentativa de desamassá-la, essa deve ser substituída ;
- ⇒ se os parafusos de fixação apresentam os espaçamentos definidos no projeto;
- ⇒ no caso de encontro de divisórias, se foram deixados espaçamentos necessários para a colocação da chapa de gesso.

▪ **colocação dos montantes**, verificando:

- ⇒ o prumo do montante, através da utilização de uma régua com nível de bolha acoplado, devendo a bolha situar-se entre as linhas;
- ⇒ se o espaçamento entre os montantes encontra-se conforme o projeto, sendo permitida uma tolerância de ± 3 mm entre a distância dos eixos de dois montantes [ASTM, 1988]. Caso algum montante não esteja conforme esse critério, deve ser realocado;
- ⇒ se há algum montante danificado, o qual deve ser substituído;

- ⇒ se há emendas nos montantes. Nesse caso, se os montantes não estiverem sobrepostos pelo menos 200 mm, a emenda deve ser refeita;
- ⇒ se algum montante foi fixado às guias por meio de parafusos. Caso positivo, verificar se no projeto há a indicação da necessidade de fixação desse montante e, se não estiver indicado, esses parafusos devem ser removidos.

▪ **fechamento de uma face da divisória:**

Com relação à fixação da chapa de gesso, deve-se observar:

- ⇒ se a chapa fixada corresponde à especificada no projeto, devendo-se substituí-la caso não esteja atendendo à especificação;
- ⇒ se essa face da divisória encontra-se no prumo e com planicidade adequada, ou seja, ao se encostar uma régua de 2m de comprimento com nível de bolha acoplado, a bolha deve situar-se entre as linhas e não deve haver frestas entre a régua e o plano da divisória. O CSTB [1981] e o IPT [1997, 1998] recomendam que a divisória não deve apresentar irregularidades superficiais superior a 3 mm, medindo-se com uma régua de 2m; e irregularidades superficiais localizadas superior a 1 mm, medindo-se com uma régua de 20 cm de comprimento.
- ⇒ se alguma chapa de gesso está em contato com o piso. Nesse caso, a chapa deve ser removida e fixada novamente, devendo estar afastada do piso pelo menos 10 mm, conforme descrito no item 4.4;

- ⇒ se a modulação das chapas corresponde ao projeto. Nesse caso, torna-se inviável a remoção das chapas e a sua recolocação. Porém, partindo-se do princípio de que a modulação das chapas proposta no projeto foi realizada de forma a minimizar o número de juntas, os montadores devem ser orientados a seguir o projeto e a gerência da obra não deve permitir que essa situação seja repetida posteriormente;
- ⇒ se há alguma chapa danificada, a qual deve ser substituída;
- ⇒ se os parafusos de fixação estão obedecendo aos espaçamentos indicados no projeto, permitindo uma tolerância de + 20 mm e, caso a distância entre os parafusos esteja acima dessa tolerância, deve-se colocar um parafuso intermediário;
- ⇒ se os parafusos estão colocados corretamente, sem romper a camada de cartão e sem sobressalências sobre a chapa. Caso o parafuso tiver rompido a camada de cartão, deve-se fixar outro a uma distância de até 60 mm do primeiro [BSI, 1995]. No caso em que o parafuso estiver sobressalente à chapa, deve-se corrigir o seu posicionamento com a parafusadeira;
- ⇒ se as aberturas para as passagens de caixas de luz ou tubulações foram executadas, sendo permitidos os seguintes desvios: +10mm/-0 mm na largura e +5mm/-0mm na altura [BSI, 1995]. Porém, para o caso de se empregar caixa de luz específica para o gesso acartonado, apresentada no item 4.5.1, esses critérios devem ser mais rigorosos, propondo-se uma tolerância de +5mm/-0mm na largura e +2mm/-0mm na altura.

Após a colocação de uma face das chapas, deve-se realizar as instalações hidráulicas e elétricas. Nesse sentido, deve-se verificar:

- ↳ se todas as saídas das tubulações estão fixadas e se a forma de fixação das instalações corresponde ao projeto;
- ↳ se foram executados todos os sub-ramais hidráulicos, elétricos e de esgoto. Um aspecto importante que não deve ser esquecido é a realização dos testes das tubulações pois, caso haja algum problema, é possível detectá-lo e realizar a correção necessária antes do fechamento da segunda face da divisória.

Deve-se verificar também se há a previsão de reforços e ou isolante termo-acústico, e se esses foram executados. Verificados esses itens e estando dentro das conformidades, pode-se iniciar o fechamento da segunda face da divisória.

- **fechamento da segunda face da divisória:** nessa etapa, além dos itens de controle apresentados no “fechamento de uma face da divisória”, deve-se verificar:

- ↳ se as juntas das chapas estão desencontradas com a outra face da divisória. Caso negativo, as chapas devem ser retiradas e fixadas novamente com o posicionamento correto;
- ↳ a espessura da divisória, que não deve apresentar um desvio superior a ± 5 mm [BSI, 1995]. Caso a espessura da divisória esteja maior que a tolerância permitida, a gerência da obra deve analisar e decidir se

mantém a divisória com essa espessura ou realiza ações corretivas, como o emprego de uma chapa de gesso de menor espessura, por exemplo. Ressalta-se que nesse último caso é necessário analisar previamente sobre as consequências sobre o desempenho da divisória;

⇒ o esquadro da divisória, que deve ser verificado por intermédio de esquadro de alumínio de 60 x 80 x 100 cm, admitindo-se um desvio máximo de 2 mm;

▪ **tratamento das juntas entre as chapas de gesso:** na realização dessa etapa deve-se verificar:

⇒ se está sendo utilizado o material correto. Nesse caso, se estiver sendo utilizado gesso ou algum outro material que não seja específico para o tratamento das juntas das chapas de gesso, deve-se removê-lo, empregando-se somente a massa especificada;

⇒ se a fita de papel microperfurado está sendo aplicada entre as juntas das chapas;

⇒ se a próxima camada de rejunte está sendo executada após a camada anterior estar completamente seca;

⇒ se no encontro bi-direcional dos rejuntas (encontro de quatro chapas de gesso, por exemplo) está ocorrendo a sobreposição da fita. Caso haja sobreposição das fitas, deve-se remover a fita superior;

⇒ nos cantos externos, verificar se está sendo utilizada a fita para rejunte com reforço metálico;

- ⇒ se todas as cabeças dos parafusos estão recobertas pela massa para tratamento das juntas;
- ⇒ a qualidade do rejuntamento também deve ser previamente definida e verificada, como por exemplo, a presença de bolhas de ar, marcas das espátulas e se a camada posterior está realmente recobrindo totalmente a camada anterior.

5.4.4 Controle após a execução das divisórias

Após a execução da divisória deve-se realizar um controle verificando sobretudo a qualidade do serviço executado e o seu aspecto final:

- ⇒ o prumo, a ser verificado com régua metálica de 2m de comprimento e com nível de bolha acoplado, do mesmo modo que apresentado no item para verificação do “fechamento de uma das faces da divisória”;
- ⇒ a planicidade, verificando-se de forma análoga a descrita quando se abordou os itens de controle na execução do “fechamento de uma das faces da divisória”;
- ⇒ se as caixas elétricas foram colocadas;
- ⇒ se há sobressalências nas camadas de rejuntamento. A BS 8212 [BSI, 1995] estabelece as tolerâncias apresentadas a seguir e ilustradas na figura 5.6:
 - espessura das juntas: após o tratamento das juntas, a tolerância na espessura nessa região é de + 3mm / - 0mm;

- canto externo: aceita-se uma tolerância de + 4mm / - 0mm na espessura da massa para tratamento das juntas;
- canto interno: aceita-se uma tolerância de + 5mm / - 0mm na espessura da massa para tratamento das juntas.

✎ e a limpeza do ambiente onde foi executada a divisória.

FIGURA 5.1: Tolerâncias permitidas pela BS 8212 para as espessuras das regiões que receberam tratamento de juntas (a) encontro entre duas chapas de gesso; (b) canto interno; (c) canto externo [adaptado de BSI, 1995].

Os procedimentos de controle realizados devem estar documentados em planilhas específicas, possibilitando detectar os itens que precisam ser melhorados e também, balizando no diagnóstico de uma eventual patologia.

Nas obras visitadas, observou-se que, pelo fato das construtoras ainda não possuírem um procedimento de controle, alguns dos itens, quando controlados, foram realizados aleatoriamente, somente em algumas divisórias, sem critérios definidos e de maneira informal, como no caso da obra “G”, por exemplo, cuja verificação do prumo da divisória era realizada visualmente.

Ao longo deste capítulo, é possível perceber que, muitos problemas percebidos no momento da execução das divisórias de gesso acartonado são reflexos de um conjunto de fatores, dentre os quais se destacam:

- a necessidade de melhoria no conteúdo do projeto das divisórias,
- a deficiência no treinamento da mão-de-obra; e
- a ausência de procedimentos de controle.

É certo que esses problemas não serão suplantados de um momento para outro. É um processo gradual mas, acredita-se que, para evoluir no processo de produção das divisórias de gesso acartonado, as diretrizes relativas ao projeto, à mão-de-obra e a realização do controle devem ser desenvolvidas, seja pelas construtoras, seja pelos fabricantes de chapas de gesso.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 O Atual Contexto

Por uma série de motivos de cunho social e econômico que o país vivencia, percebe-se que as construtoras vêm buscando meios de reduzir o seu custo de produção.

Nesse contexto, as divisórias de gesso acartonado vêm despertando a atenção das construtoras, sendo cada vez maior o número de obras que estão empregando esse sistema de vedação, em virtude do potencial de racionalização que o mesmo oferece.

Percebendo o potencial de consumo do mercado interno, três fabricantes europeus de chapas de gesso se instalaram no país em menos de três anos, investindo intensamente para que seus produtos sejam consolidados no país.

Um dos fabricantes de chapas de gesso, no início de sua implantação no país, afirmou que “*o sistema terá adaptações aos padrões construtivos do Brasil(...)*” [CORBIOLI, 1996]. Passado alguns anos, não se tem observado até o momento ações visando modificações do “sistema” aos padrões brasileiros.

Mais recentemente, um outro fabricante de chapas de gesso acartonado defende que “*nossa principal diferença em relação às outras empresas é que*

estamos trazendo um sistema completo e não apenas componentes. Sistema significa cinco a seis produtos: chapas de gesso, perfil de aço zincado, parafusos, massa para rejunte, elementos de fixação (...)” [RICHERS, 1998].

Através dos dois depoimentos, fica claro que os fabricantes de materiais e componentes têm priorizado o aspecto comercial, quando deveriam atuar de forma mais direta sobre seus clientes, auxiliando na resolução de problemas e assumindo responsabilidades e não simplesmente vendendo seus produtos.

Para SABBATINI [1998b], que tem criticado a forma como essa tecnologia vem sendo introduzida no mercado brasileiro, a implantação das divisórias de gesso no processo de produção de edifícios deve considerar todas as etapas desse processo, envolvendo a organização e a gestão do projeto, da execução, do controle, entre outros.

De fato, acredita-se que, para que as divisórias de gesso acartonado sejam consolidadas no país, deve-se efetuar as adaptações necessárias para que esse sistema de vedação seja adequado à gestão no processo de produção de edifícios e às características construtivas nacionais.

Porém, conforme salientado no Capítulo 1 deste trabalho, apesar do consumo das chapas de gesso crescer continuamente, não há um domínio da tecnologia construtiva das divisórias de gesso acartonado por parte dos vários agentes envolvidos no seu processo de produção: fabricantes dos materiais e componentes necessários à execução do serviço, projetistas de divisórias de gesso acartonado, empresa construtora e mão-de-obra de produção.

A falta de conhecimento a respeito da tecnologia de produção ficou evidente nas visitas aos canteiros, onde foi possível observar que muitos problemas e dificuldades têm surgido no momento da execução, ocasionando em soluções improvisadas, que reduziram o potencial de racionalização desse sistema de vedação.

Além disso, percebe-se ao longo do trabalho, que essa situação é consequência de um conjunto de fatores, dentre os quais se destacam: desconhecimento do método construtivo por parte da gerência da obra, dificuldade na contratação do serviço, falta de planejamento prévio, inserção de forma pontual, deficiências no projeto, entre outros.

Acredita-se que, se essa situação não for alterada, muitos problemas patológicos poderão surgir futuramente nessas obras, comprometendo tanto a imagem da construtora como das divisórias de gesso acartonado.

Para tanto, é necessário que haja uma mudança de postura, tanto por parte dos fabricantes de materiais e componentes, como por parte das empresas construtoras.

6.2 Dificuldades a Serem Suplantadas

As divisórias de gesso acartonado passaram a ser conhecidas recentemente por várias construtoras e usuários de edifícios e, por se tratar de uma “novidade tecnológica”, muito se tem questionado sobre o seu desempenho.

Dessa forma, o Capítulo 2 aborda sobre o desempenho das divisórias, pois acredita-se que o seu conhecimento seja fundamental, tanto para as construtoras, quanto para o usuário final.

No caso das construtoras, a partir do conhecimento dos fatores que influenciam no desempenho da divisória, é possível tomar os cuidados necessários durante sua execução, para que se obtenha o desempenho desejado. Além disso, através do conhecimento do comportamento da divisória, as informações e orientações aos usuários podem ser repassadas baseando-se em parâmetros técnicos, e não comerciais.

Para os usuários, as informações sobre o desempenho das divisórias podem contribuir para que se supere o preconceito devido a falta de conhecimento do comportamento desse sistema de vedação. Além disso, é importante que o usuário conheça também as limitações da divisória, para evitar o seu uso de forma indevida.

O conhecimento dos fatores que influenciam o desempenho da divisória constitui-se também num importante balizador para o projetista das divisórias, uma vez que é possível executá-la com várias configurações diferentes, podendo-se variar, por exemplo, o espaçamento entre os montantes, o número de camadas de chapas de gesso e a espessura da divisória.

Porém, ainda há a necessidade da realização de ensaios da divisória com os componentes que estão sendo empregados no Brasil, o que foi salientado no Capítulo 2. Ainda que dois dos três fabricantes de chapas de gesso tenham avaliado o desempenho da divisória, possuindo, inclusive, referência técnica

emitido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas [IPT, 1997; IPT,1998], os componentes empregados eram importados da França e, conforme salienta VAN DAM [1999], as chapas de gesso comercializadas no Brasil não são as mesmas que as comercializadas no Estados Unidos ou Europa.

Um outro problema, refere-se à limitada variedade dos materiais, componentes, equipamentos e ferramentas comercializados no Brasil, se comparada à variedade disponível nos outros países, o que foi abordado no Capítulo 3.

Nesse capítulo, percebe-se que no Brasil são comercializados somente os materiais e componentes essenciais para a execução do serviço, sendo que nos outros países, há materiais e componentes específicos para cada situação.

Da mesma forma, no Brasil, a mão-de-obra utiliza somente os equipamentos e ferramentas básicos para a montagem da divisória. Nos países onde o uso das chapas de gesso acartonado é corrente, percebe-se que há várias alternativas de equipamentos e ferramentas que facilitam a etapa de execução, tornando o serviço mais produtivo.

No Capítulo 4 descreveu-se o método construtivo das divisórias de gesso acartonado, sendo possível perceber que muitos cuidados necessários durante a montagem não estão sendo seguidos pelas construtoras, como por exemplo o uso de selantes nas aberturas nas divisórias devido as instalações hidráulicas.

Os fabricantes de chapas de gesso, por sua vez, não têm alertado seus clientes sobre os cuidados necessários durante a execução da divisória, que certamente comprometem o desempenho da divisória.

Através de visitas às obras, percebeu-se também que muitas dificuldades surgiram somente no momento da execução, devido a uma falta de integração com os demais subsistemas.

Para minimizar essas dificuldades, é necessário, então, analisar previamente as interfaces com os demais subsistemas, reduzindo e até mesmo eliminando as interferências que poderão ocorrer caso não sejam corrigidas.

Nesse contexto, no Capítulo 5 é ressaltada a importância do desenvolvimento de um projeto para produção, pois através de sua realização é possível explorar o potencial de racionalização e melhorar o desempenho do produto final, uma vez que todo o processo de produção é pensado antes, possibilitando o estabelecimento das soluções mais adequada na execução.

Para que a execução da divisória ocorra conforme previsto no projeto, a construtora deve selecionar uma montadora capacitada para atender às suas exigências. Essa escolha deve então ser realizada através de critérios que não considere somente o preço do serviço.

Para isso, a elaboração de um procedimento de execução que reflita a cultura construtiva da empresa; a definição dos critérios de controle antes, durante e após a execução da divisória e a realização de um contrato que defina claramente os serviços a serem executados e os resultados desejados, podem servir como balizadores para a contratação do serviço, buscando-se assim minimizar os problemas enfrentados atualmente com a mão-de-obra devido à deficiência no seu treinamento.

Observa-se, portanto, que atualmente existem muitas dificuldades e limitações no emprego das divisórias de gesso acartonado, conforme salientado no Capítulo 1.

Ao longo do trabalho, percebe-se que tais dificuldades podem ser suplantadas, desde que a construtora implante-as de forma sistêmica, ou seja, realize alterações na gestão e na forma de organização da construtora para que as divisórias sejam integradas dentro do seu sistema de produção.

6.3 Sugestões para Trabalhos Futuros

Este trabalho caracterizou o método construtivo de vedação vertical interna com chapas de gesso acartonado.

Durante o seu desenvolvimento, detectou-se muitas lacunas que ainda carecem de estudos mais aprofundados, dentre os quais se destacam:

- desenvolvimento de um **sistema de produção** de divisórias de gesso acartonado;
- estudo do **desempenho das divisórias de gesso acartonado**, com as características construtivas e componentes empregados no Brasil;
- avaliação da **produtividade** no serviço de execução das divisórias de gesso acartonado;
- avaliação das divisórias em **ambientes molháveis**, sobretudo sua relação com os revestimentos aplicados e com o sistema de impermeabilização;

- integração entre os **sistemas prediais** e as divisórias de gesso acartonado, avaliando-se as soluções disponíveis;
- utilização nas obras do **projeto para produção** das divisórias de gesso acartonado;
- aplicação e avaliação das diretrizes e parâmetros de **controle** propostos neste trabalho;
- avaliação pós ocupação, procurando identificar sobretudo as **patologias** das divisórias de gesso acartonado;
- aplicação e avaliação de **revestimentos** sobre divisórias de gesso acartonado;
- diretrizes para o **treinamento e capacitação** da mão-de-obra para execução das divisórias de gesso acartonado.
- elaboração de um **texto normativo** que aborde sobre a **execução** das divisórias, considerando-se as características construtivas do país.

Observa-se, portanto, que atualmente no país há uma grande carência de estudos realizados abordando a tecnologia de produção das divisórias de gesso acartonado, de modo que um extenso campo sobre esse assunto ainda precisa ser explorado.

ANEXO A

Características das obras visitadas

Obra	Tipo de Obra	Área Construída (m²)	Pavimentos	Qtde. chapas de gesso (m²)
A	Galpão industrial	11.000	2	1.000
B	Edifício comercial	6.500	18	6.000
C	Edifício residencial	5.000	15	8.700
D	Edifício residencial	12.500	25	17.000
E	Edifício residencial	11.500	27	20.300
F	Flat	8.000	14	10.500
G	Flat	17.300	29	19.000

ANEXO B

Projeto de divisórias desenvolvido por um dos
fabricantes de chapas de gesso acartonado

Planta baixa do apartamento tipo

ESC. 1:50

	MODULAÇÃO DAS PLACAS 1.20m – FRENTE
	MODULAÇÃO DAS PLACAS 1.20m – VERSO
	MODULAÇÃO DOS MONTANTES
	REFORÇO PARA PIAS, BACIAS, LAVATÓRIOS ETC

LEGENDA

ITEM	COR	CORTE	DESCRIMINAÇÃO	VEDAÇÃO ACÚSTICA(d.B.)	PESO/M2 POR KG	QUANT. DE M2 01 UNIDADE
01		 H=2.60	PAREDE PLACOSTIL 96/70/600 1NBA13/1NBA13	39	24.50 Kg	2.86 M ²
02		 H=2.60	PAREDE PLACOSTIL 96/70/600 1NBA13/1PPMBA13	39	25.00 Kg	15.06 M ²
03		 H=2.60	PAREDE PLACOSTIL 96/70/600 1PPMBA13/1PPMBA13 L.V. 16/50	46	26.30 Kg	4.42 M ²
04		 H=2.60	PAREDE PLACOSTIL 120/70/600 2NBA13/2NBA13 L.V. 16/50	52	47.30 Kg	25.74 M ²
05		 H=2.60	PAREDE PLACOSTIL 120/70/600 2NBA13/1NBA13/1PPMBA13 L.V. 16/50	52	47.80 Kg	6.24 M ²
06		 H=2.60	PAREDE PLACOSTIL 120/70/600 1NBA13/1PPMBA13/1NBA13/1PPMBA13 L.V. 16/50	52	48.30 Kg	4.03 M ²
07		 H=2.60	FORRO PLACOSTIL F530 1NBA13	29	13.00 Kg	1.00 M ²

Legenda e características das divisórias

DETALHE CONSTRUTIVO N° 7
SISTEMA PLACOSTIL
ESC. 1:5

DETALHE CONSTRUTIVO N° 4
SISTEMA PLACOSTIL
ESC. 1:5

DETALHE CONSTRUTIVO N° 1-CD
SISTEMA PLACOSTIL
ESC. 1:5

DETALHE CONSTRUTIVO N° 8
SISTEMA PLACOSTIL
ESC. 1:5

ANEXO C

Projeto de divisórias de gesso acartonado
desenvolvido por uma empresa de projetos

PLANTA DE LOCAÇÃO DAS GUIAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIARI, C.J. **Garantia da qualidade em projetos na construção civil**. São Paulo, 1994. /Trabalho de conclusão de curso de graduação do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/.
- AKUTSU, M. Avaliação de desempenho térmico de edificações: a necessidade de revisão normativa. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, São Paulo. **Tecnologia de edificações**. São Paulo, Pini, 1988. p.469-72.
- AKUTSU, M.; LOPES, D. Simulação do desempenho térmico de edificações. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, São Paulo. **Tecnologia de edificações**. São Paulo, Pini, 1988. p.473-76.
- ALLUCI, M.P. et al. Bolor em edifícios: causas e recomendações. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, São Paulo. **Tecnologia de edificações**. São Paulo, Pini, 1988. p.565-70.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard specification for installation of steel framing members to receive screw-attached gypsum board - ASTM C 754 – 88**. Philadelphia, 1988.
- _____ (a). **Standard specification for water-resistant gypsum backing board - ASTM C 630 – 93**. Philadelphia, 1993.
- _____ (b). **Standard specification for steel drill screws for the application of gypsum board - ASTM C 1002 – 93**. Philadelphia, 1993.
- _____ (a). **Standard specification for nails for the application of gypsum board - ASTM C 514 – 94**. Philadelphia, 1994.

_____ (b). **Standard specification for joint compound and joint tape for finishing gypsum board - ASTM C 475 – 94.** Philadelphia, 1994.

_____ (a). **Standard test methods for physical testing of gypsum board products and gypsum lath - ASTM C 473 – 95.** Philadelphia, 1995.

_____ (b). **Standard Specification for Non-Load Bearing (Axial) Steel Studs, and Rigid Furring Channels for Screw Application of Gypsum Board - ASTM C 645 – 95.** Philadelphia, 1995.

_____ (c). **Standard Specification for Application and Finishing of Gypsum Board - ASTM C 840 – 95.** Philadelphia, 1995.

_____ (d). **Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process - ASTM A 653 / A 653M – 95.** Philadelphia, 1995.

_____. **Standard specification for gypsum wallboard - ASTM C 36 – 97.** Philadelphia, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (a). **Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade - NBR 10151.** Rio de Janeiro, 1987.

_____ (b). **Níveis de ruído para conforto acústico – NBR 10152.** Rio de Janeiro, 1987.

_____ (a). **Divisórias leves internas moduladas - terminologia - NBR 11685.** Rio de Janeiro, 1990.

_____ (b). **Divisórias leves internas moduladas - determinação da isolamento sonora - NBR 11677.** Rio de Janeiro, 1990.

_____ (c). **Divisórias leves internas moduladas - verificação da estanqueidade à água proveniente de lavagem de piso - NBR 11679.** Rio de Janeiro, 1990.

_____ (d). **Divisórias leves internas moduladas - verificação do comportamento dos painéis sob ação da água, do calor e da umidade - NBR 11676.** Rio de Janeiro, 1990.

_____ (e). **Divisórias leves internas moduladas - procedimento - NBR 11681.** Rio de Janeiro, 1990.

_____ (f). **Divisórias leves internas moduladas – verificação do comportamento sob ação de cargas provenientes de peças suspensas - NBR 11678.** Rio de Janeiro, 1990.

_____ (g). **Divisórias leves internas moduladas – verificação da resistência a impactos - NBR 11675.** Rio de Janeiro, 1990.

_____. **Saídas de emergência de edifícios - NBR 9077.** Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. **Plaques de parement en plâtre – définition, spécifications et essais - AFNOR NF P 72-302.** Paris, 1981.

_____. **Bandes et tôles en acier doux galvanisées à chaud et en continu pour formage à froid – conditions techniques de livraison - AFNOR NF A 36-321.** Paris, 1981.

BARING, J.G.A. Isolação sonora de paredes e divisórias. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, São Paulo. **Tecnologia de edificações.** São Paulo, Pini, 1988. p.429-34.

_____. O desempenho acústico das vedações verticais em edifícios. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Vedações Verticais, São Paulo, 1998. **Anais.** São Paulo, EPUSP/PCC, 1998. p.113-23.

BARROS, M.M.B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios.** São Paulo, 1996. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

_____. O processo de produção das alvenarias racionalizadas. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Vedações Verticais, São Paulo, 1998. **Anais.** São Paulo, EPUSP/PCC, 1998. p.21-48.

BENIDICKSON, V.Y. Controlling mechanical structure-borne noise in residential settings. **National Research Council Canada.** http://www.nrc.ca/irc/practice/noi6_E.html. (11/05/1998).

BERTO, A.F. Resistência ao fogo. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, São Paulo. **Tecnologia de edificações.** São Paulo, Pini, 1988. p.361-64.

BÖTEMARK, I. Deformation of gypsum wallboard. **Building Research and Practice**, p.312-15, sep./oct. 1975.

BRANDLI, L.L.; JÜNGLES, A.E. (a). A organização do trabalho através da estratégia de subcontratação. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Soluções para o Terceiro Milênio, São Paulo, 1998. **Anais.** São Paulo, EPUSP/PCC, 1998, p.541-50.

_____. (b). Relacionamento empresa construtora/subcontratante: realidade e tendências à luz de casos práticos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Soluções para o Terceiro Milênio, São Paulo, 1998. **Anais.** São Paulo, EPUSP/PCC, 1998, p.551-8.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Gypsum plasterboard - specification for plasterboard excluding materials submitted to secondary operations (Part 1) – BS 1230.** London, 1985.

_____. **Specification for galvanized steel studs and channels for stud and sheet partitions and linings using screw fixed gypsum wallboards – BS 7364.** London, 1990.

_____. **Glossary of building and civil engineering terms – BS 6100 – (Subsection 1.3.1 Walls and cladding)**. London, 1992.

_____. **Code of practice of dry lining and partitioning using gypsum plasterboard - BS 8212**. London, 1995.

CAPOZZI, S. Pesquisa in loco. **Construção**, n.2631, p.24-5, jul. 1998.

_____. De dois em dois. **Construção**, n.2668, p.10-2, mar. 1999.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT (a). Avis sur la cloison Placostil: Avis 9/75-56. **Cahiers du CSTB**, n.1362, Livraison 166, p.167-74, jan./fev. 1976.

_____. (b). Avis sur la cloison Prégymétal: Avis 9/75-57. **Cahiers du CSTB**, n.1362, Livraison 166, p.175-85, jan./fev. 1976.

_____. Ouvrages en plaques de parement en plâtre - plaques a faces cartonées: DTU 25.41. **Cahiers du CSTB**, Cahier des clauses spéciales, sept. 1981.

_____. (a). Placo-PR – bande Marco-Paper: Avis technique 9/92-515. **Bulletin Mensuel des Avis Techniques**, n.342, sept. 1993.

_____. (b). Placo-SN – bande Marco-Paper: Avis technique 9/92-516. **Bulletin Mensuel des Avis Techniques**, n.342, sept. 1993.

_____. (a). Placomix – bande P.P.: Avis technique 9/93-540. **Bulletin Mensuel des Avis Techniques**, n.352, sept. 1994.

_____. (b). Prégyls 85 – bande Marco-Paper, A2P, Torcan et Soropa: Avis technique 9/93-543. **Bulletin Mensuel des Avis Techniques**, n.355, dec. 1994.

_____. (c). Prégyls 75 – bande Marco-Paper, A2P, Torcan et Soropa: Avis technique 9/93-544. **Bulletin Mensuel des Avis Techniques**, n.355, dec. 1994.

_____. Pregyls 45 – bande L.P.: Avis technique 9/95-587. **Bulletin Mensuel des Avis Techniques**, n.373, oct. 1996.

CORBIOLI, N. Mercado futuro. **Construção**, n.2498, p.10, dez. 1995.

CORBIOLI, N. Crescimento geométrico. **Construção**, n.2502, p.10, jan. 1996.

DE LUCA, C.R. Agora emplacou. [Entrevista a Eric Cozza] **Construção**, n.2689, p.10-13, ago. 1999.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **Gypsum plasterboard - types, requirements and testing – DIN 18180**. Berlin, 1989.

_____. **Dry lining and partitioning using gypsum plasterboard – DIN 18181**. Berlin, 1990.

ELDER, A.J.; VANDENBERG, M. **Construccion**. Madrid, H. Blume, 1977.

EVERETT, J.G.; KELLY, D.L. Drywall joint finishing: productivity and ergonomics. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.124, n.5, p.347-53, sep./oct. 1998.

FERGUSON, M.R. **Drywall: professional techniques for walls & ceilings**. s.L., Tauton Books & Videos, 1996.

FIRE PREVENTION INFORMATION AND PUBLICATIONS CENTRE (FPI). **Information sheets on buildings products: gypsum plasterboard**. s.L., 1976.

FRANCO, L.S. O projeto das vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção. In.: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Vedações Verticais, São Paulo, 1998. **Anais**. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998, p.221-36.

FRANCO, L.S. et al. **Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavado**. São Paulo, EPUSP/CPqDCC, 1994. (Relatório técnico n. 20.081)

G-P GYPSUM CORPORATION. **Gypsum product catalog**. 1997.

GYPSUM ASSOCIATION. **Using gypsum board for walls and ceilings (GA-201-85)**. Illinois, 1986.

_____. **Fire resistance design manual (GA-600-88)**. Illinois, 1988.

GYPSUM DO NORDESTE. **Ficha técnica**. s.n.t.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P.E. Cada erro tem seu preço. **Téchne**, n.1, p.32-4, nov./dez. 1992.

HARDIE, G.M. **Building construction: principles, practices, and materials**. New York, Prentice-Hall, 1995.

HARRIS, C.M. **Noise control in buildings: a practical guide for architects and engineers**. New York, McGraw-Hill, 1994.

HILTI. **Sistema de fixação rápido e seguro em concreto e aço: catálogo**. s.d.

_____. **Manual de produtos Hilti**. 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, São Paulo. **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social**. São Paulo, s.d.

_____. Sistema Lafarge Gypsum: paredes pré-fabricadas em chapas de gesso. **Referência técnica**, n.5, dez. 1997.

_____. Sistema Placostil: paredes em chapas de gesso acartonado. **Referência técnica**, n.6, dez. 1998.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA CERAMICA. **Colocacion de pavimentos Y Revestimientos Ceramicos**. ITC/AICE, s.d.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANISATION. **Gypsum plasterboard, specification – ISO 6308**. Geneve, 1980.

ISOVER SAINT-GOBAIN. **Le monde du silence:** laines minérales Isover et confort acoustique. Paris, 1996.

ISOVER-SANTA MARINA. **Wallfelt** - isolamento para paredes de gesso: catálogo. s.d.

ISSATO, E.L.; FORMOSO, C.T. Um motivo a mais. **Téchne**, n.28, p.48-51, mai./jun. 1997.

KATO, M.F. et al. Propagação superficial de chamas em materiais. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, São Paulo. **Tecnologia de edificações**. São Paulo, Pini, 1988. p.369-72.

KNAUF. **Sistemas de construção a seco**. s.d.

_____ (a). **Plasterboards**. Sittingbourne, 1997. (Publication B1)

_____ (b). **Glass reinforced cement boards**. Sittingbourne, 1997. (Publication B4)

_____ (c). **Fire protection product selector**. Sittingbourne, 1997. (Publication HP1)

KNAUF; SENAI. **Manual de treinamento sistemas de construção a seco:** nível básico. São Paulo, 1999.

KOENIGSBERGER, I.; MAYHEW, S. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madrid, Paraninfo S.A., 1977.

KÖNIGSBERGER, J.; VANNUCCHI, G. Com engenho e arte. [Entrevista a Alberto Mawakdiye] **Construção**, n.2559, p.4-7, fev. 1997.

KUTCHER, G.M. (a) Revisiting the Levels of Gypsum Board Finish. **National Gypsum Homepage**. <http://www.national-gypsum.com/tech> (04/1997).

_____ (b). Don't Overlook Control Joints in Drywall Construction. **National Gypsum Homepage**. <http://www.national-gypsum.com/tech>. (07/1997).

LAFARGE GESSO. **Sistema Lafarge:** painéis de gesso. s.L., 1996. (Manual técnico de paredes e forros)

LAFARGE PLASTERBOARD. **Drywall systems installation guide:** walls linings, partitions, jointing. s.d.

MARSHALLTOWN TROWEL COMPANY. Drywall tips & techniques - tools <http://www.marshalltown.com/drywall.html> (08/04/1998).

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios:** aplicação ao caso das incorporação e construção. São Paulo, 1994. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MELHADO; S.B.; BARROS, M.M.S.B.; SOUZA, A.L.R. **Qualidade do projeto de edifícios:** diretrizes para projeto de alvenaria de vedação. São Paulo, EPUSP-PCC, 1995 (Documento CPqDCC n.20085 – EP/SC-1).

MERLET, J.D. O homem de gesso. [Entrevista a Marcos de Sousa] **Téchne**, n.19, nov./dez. 1995.

MITIDIERI FILHO, C.V. Como construir paredes em chapas de gesso acartonado. **Téchne**, n.30, set./out. 1997.

_____. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações:** proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural. São Paulo, 1998. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

NATIONAL GYPSUM. **Gypsum construction guide.** 4.ed. Charlotte, 1996.

OLIVEIRA, C.T.A. **Desenvolvimento de um painel de gesso reforçado com fibras de vidro para vedação vertical.** São Paulo, 1995. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PERREAULT, J.C. Air barrier systems: construction applications. **National Research Council Canada.** http://www.nrc.ca/irc/bsi/86-4_E.html. (11/05/1998).

PLACO DO BRASIL. **Manual de Sistemas Placostil.** s.d.

PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ. **Estudo comparativo do desempenho acústico do painel tipo dry-wall utilizado pela Hauer Construções Civas Ltda.** Curitiba, jan. 1996.

RICHES, S. Chegar, olhar, vencer. [Entrevista a Simone Capozzi] **Construção**, n.2638, p.10-12, ago. 1998.

ROCKFIBRAS. **Painéis e feltros em lã de rocha THERMAX para isolamento termo-acústico:** catálogo. s.d.

SABBATINI, F.H. (a). O processo de produção das vedações leves de gesso acartonado. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Vedações Verticais, São Paulo, 1998. **Anais.** São Paulo, EPUSP/PCC, 1998. p.67-94.

_____ (b) Olhar crítico. [Entrevista a Eric Cozza]. **Construção**, n.2652, p.10-12, dez. 1998.

SABBATINI, F.H. et al. **Desenvolvimento tecnológico de métodos construtivos para alvenarias e revestimentos:** recomendações para construção de paredes de vedação em alvenaria. São Paulo, EPUSP, 1988. (Projeto EP/EN-1)

SABBATINI, F.H.; FRANCO, L.S. **Tecnologia de produção de vedações verticais:** notas de aula da disciplina PCC 5012. São Paulo, EPUSP/PCC, 1997. Não impresso.

SAMPAIO, J.C.A. **Manual de aplicação da NR-18.** São Paulo, Pini/SINDUSCON SP, 1998.

SÃO PAULO (Estado). Leis, etc. Decreto n.38.069, de 14 de dezembro de 1993. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 15 dez. 1993, Seção I, 103(233).

SMITH, A.; VANCE, V.L. Model to incorporate architectural walls in structural analyses. **Journal of Structural Engineering**, v.122, n.4, p.431-37, apr. 1996.

SOUSA, M. O melhor dos iguais. **Construção**, n. 2309, p.4-7, maio 1992.

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

SOUZA, R. **A contribuição do conceito de desempenho para a avaliação do edifício e suas partes**: aplicação às janelas de uso habitacional. São Paulo, 1983. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SOUZA, R.; MITIDIERI FILHO, C.V. Avaliação de desempenho de sistemas construtivos destinados à habitação popular: conceituação e metodologia. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, São Paulo. **Tecnologia de edificações**. São Paulo, Pini, 1988. p.139-42.

STEIN, J.S. **Construction glossary**: an encyclopedia reference and manual. 2.ed. New York, Wiley-Interscience, 1980.

TANIGUTI, E.K. **Tendências atuais de racionalização para produção de edifícios**: cidade de São Paulo. Guaratinguetá, 1996. /Trabalho de conclusão de curso de graduação do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP/.

_____. Vedação vertical interna com placas de gesso acartonado: qualidade na aquisição e recebimento. In.: WORKSHOP TENDÊNCIAS RELATIVAS À GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, São Paulo, 1997. **Anais**. São Paulo, EPUSP/PCC, 1997. 31-3.

_____. DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE DIVISÓRIAS COM CHAPAS DE GESSO ACARTONADO. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: Soluções para o Terceiro Milênio, São Paulo, 1998. **Anais**. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998. p.201-8.

TELPRO INC. **Panel lift**: catalog. 1998.

TILE COUNCIL OF AMERICA. **Handbook for ceramic tile installation**. 1995.

VAN DAM, W. Resposta tecnológica. [Entrevista a Simone Capozzi] **Construção**, n.2665, p.8-10, mar. 1999.

WESSEL, R.A. Industry Offers New Guidelines for Control Joints. **Walls&Ceilings**. <http://www.wconline.com>. (07/10/1996).