



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

ALEXANDRE VIEIRA

**A POSSIBILIDADE DO USO DE PAREDE EM GESSO ACARTONADO
COMO PAREDE CORTA-FOGO**

Florianópolis

2012

ALEXANDRE VIEIRA

**A POSSIBILIDADE DO USO DE PAREDE EM GESSO ACARTONADO
COMO PAREDE CORTA-FOGO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização *Lato Sensu* em Gestão de Eventos Críticos, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de especialista.

Orientador: Cap BM Charles Fabiano Acordi, Me.

**Florianópolis
2012**

ALEXANDRE VIEIRA

**A POSSIBILIDADE DO USO DE PAREDE EM GESSO ACARTONADO
COMO PAREDE CORTA-FOGO**

Esta Monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Especialista em Gestão de Eventos Críticos e aprovada em sua forma final pelo Curso de Especialização *Lato Sensu* em Gestão de Eventos Críticos, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Florianópolis, 27 de novembro de 2012.



Prof. e orientador Cap BM Charles Fabiano Acordi, Me.

Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Maj BM Vanderlei Vanderlino Vidal, Esp.

Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Ten Cel BM Valdir Florença, Esp.

Universidade do Sul de Santa Catarina

TERMO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE

A POSSIBILIDADE DO USO DE PAREDE EM GESSO ACARTONADO COMO PAREDE CORTA-FOGO

Declaro, para todos os fins de direito, que assumo total responsabilidade pelo aporte ideológico e referencial conferido ao presente trabalho, isentando o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina e a Universidade do Sul de Santa Catarina, a Diretoria de Ensino do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, as Coordenações de Curso, a Banca Examinadora e o Orientador de todo e qualquer reflexo acerca desta monografia.

Estou ciente de que poderei responder administrativa, civil e criminalmente em caso de plágio comprovado do trabalho monográfico.

Florianópolis, 30 de novembro de 2012.



Oficial aluno Cap BM Alexandre Vieira

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida.

Ao meu pai Zulmar e minha Mãe Nezi pela educação recebida, pelo incentivo e pelo exemplo de vida.

Aos meus queridos irmãos Antenor (Dé), Júnior (Juca) e André (Andrezinho), pela amizade e por serem meus irmãos camaradas, juntos sempre!

Às minhas filhas Bianca, Amanda e Samanta; vocês são o meu maior tesouro, amo vocês minhas meninas!

Ao Cap BM Charles Fabiano Acordi, pela dedicação, disposição e orientação presta na elaboração da monografia.

Ao Ten Cel BM Florença, Maj BM Vanderlino, Cap BM Vieira, Eng^a Rozeli, Sub Ten RR Clemente, Sub Ten BM Macedo, Sd BM Da Rocha e Sd BM Miguel, todos da Diretoria de Atividades Técnicas (DAT) do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), pelo apoio e auxílio prestados.

Ao Cap BM Marcos e Sd BM David pelo auxílio prestado na realização dos ensaios no laboratório de Joaçaba.

Ao 1º Ten BM Ferreira e Sgt Marques pelo auxílio prestado na realização dos ensaios no contêiner de Tubarão.

Ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina pela oportunidade de fazer este curso de especialização.

À empresa Placo do Brasil pela doação e montagem das paredes em chapas de gesso acartonado para os ensaios do programa experimental.

RESUMO

De acordo com a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall*, a produção no Brasil de chapas de gesso acartonado para *drywall*, passou de 14 milhões de m², em 2005, para 39 milhões de m² de chapas em 2011. As chapas de gesso são usadas na montagem de forros, revestimentos e paredes divisórias internas nas edificações. Com isto, muitos profissionais têm questionado o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina, sobre os requisitos necessários para a aceitação das paredes divisórias, montadas com chapas de gesso acartonado, como parede corta-fogo, uma vez que as normas de segurança contra incêndio estaduais não contemplam este tipo de parede divisória como sendo corta-fogo. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo fazer o estudo da possibilidade de usar as paredes divisórias construídas com chapas de gesso acartonado, como paredes corta-fogo para a compartimentação de ambientes. Para isto foi realizada uma pesquisa bibliográfica dos tipos e das características de paredes corta-fogo e de paredes em gesso acartonado, com a realização do ensaio de 4 paredes divisórias montadas com chapas standard e chapas resistentes ao fogo, com a finalidade de estudar o seu comportamento ao fogo. Com a pesquisa bibliográfica ficou claro que uma parede corta-fogo deve ter 3 características: ser estanque, ter isolamento térmico e manter-se íntegra durante um certo tempo no incêndio. Os ensaios das 4 paredes divisórias em chapas de gesso acartonado foram realizados simulando as condições de um incêndio real, e não a elevação de temperatura do incêndio padrão previsto na ABNT NBR 10636. Os ensaios realizados, aliado a pesquisa bibliográfica, permitiram concluir que é possível aceitar as paredes divisórias com 2 chapas de gesso acartonado tipo resistente ao fogo em cada face, como uma parede corta-fogo. Para a aceitação das paredes com chapas de gesso acartonado como parede corta-fogo, foram sugeridos alguns critérios, pois nos ensaios ficou evidente que as juntas entre as chapas de gesso são um ponto frágil durante o incêndio, permitindo a passagem de calor, fumaça e até chama, quando o tratamento das juntas é inadequado.

Palavras-chave: Gesso acartonado. Parede corta-fogo. Compartimentação.

ABSTRACT

According to the Brazilian Association of Manufacturers of Sheet Metal Drywall, production in Brazil sheet of drywall to drywall, spent 14 million m² in 2005 to 39 million m² of plates in 2011. The slabs of plaster are used in assembling liners, coatings and internal partition walls in buildings. With this, many professionals have questioned the Fire Brigade of the State of Santa Catarina, on the requirements for acceptance of partition walls, mounted with drywall sheets, as the firewall, since the safety standards against state fire not contemplate this type of partition as fire. In this context, this work aims to study the possibility of using the partition walls built with sheets of drywall, as firewalls to partition environments. For this we conducted a literature search of the types and characteristics of firewalls and plasterboard walls, with the test of 4 partitions mounted with plates and plates standard fire resistant, in order to study their fire behavior. With the literature it became clear that a fire wall must have 3 characteristics: being sealed, be insulated and remain intact for a while on fire. The tests of the 4 partitions on drywall sheets were performed simulating the conditions of a real fire, and not the temperature rise fire pattern provided in ABNT NBR 10636. The tests, coupled with literature, concluded that it is possible to accept the partition walls with 2 sheets of plasterboard fire resistant type on each side, like a fire wall. For acceptance of the walls with sheets of drywall as the firewall, some criteria have been suggested, because the tests it became apparent that the joints between the sheets of gypsum are a weak point during the fire, allowing the passage of heat, smoke and by flame when the treatment of the joints is inappropriate.

Key words: Gypsum wallboard. The firewall. Subdivision.

LISTA DE SIGLAS

ABFCD - Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall*
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
BBM - Batalhão de Bombeiros Militar
BS - *British Standards*
BSI - *British Standards Institution*
CBMMG - Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais
CBMSC - Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
CBPMESP - Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo
CF - Corta-fogo
DAT - Diretoria de Atividades Técnicas
FPI - *Fire Prevention Information and Publications Centre*
IN - Instrução Normativa
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
IT - Instrução Técnica
J – Joule
K – Kelvin
kg – Kilograma
m – Metro
NBR - Norma Brasileira Regulamentatória
NSCI - Normas de Segurança Contra Incêndio
PC - Pára-chamas
RT - Resistente ao Fogo
RU - Resistente à Umidade
ST - *Standard*
TRRF - Tempo Requerido de Resistência ao Fogo
UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina
W – Watt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Geral	14
1.1.2 Específicos	14
1.2 METODOLOGIA	14
2 PAREDES CORTA-FOGO	16
2.1 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS EM EDIFICAÇÕES	16
2.1.1 Compartimentação	17
2.1.1.1 Compartimentação horizontal	17
2.1.1.2 Compartimentação vertical	18
2.1.2 Resistência ao fogo de paredes	19
2.2 TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM PAREDES	21
2.2.1 Condutividade térmica	22
2.2.2 Calor específico dos materiais	23
2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM A RESISTÊNCIA AO FOGO	23
2.3.1 Características da matéria-prima usada no bloco da parede	24
2.3.2 Características geométricas dos blocos da parede	25
2.3.3 Características construtivas da parede	25
2.3.4 Estabilidade estrutural da parede	26
2.4 MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO FOGO	26
2.4.1 Categorias de resistência ao fogo	28
2.4.2 Graus de resistência ao fogo	28
2.4.3 Curva de elevação de temperatura	28
2.4.3.1 Curva de elevação de temperatura do incêndio real	28
2.4.3.2 Curva padrão de elevação de temperatura do incêndio	30
2.4.4 Tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF)	31
2.4.5 Resultado de ensaios de paredes sem função estrutural	34
2.4.6 Resultado de ensaios de paredes com função estrutural	35
3 PAREDE DIVISÓRIA DE GESSO ACARTONADO	36
3.1 O SISTEMA DE CONSTRUÇÃO <i>DRYWALL</i>	36
3.1.1 Conceito de parede divisória em gesso acartonado	38

3.1.2 Vantagens das paredes divisórias de gesso acartonado	39
3.2 COMPONENTES DAS PAREDES DE GESSO ACARTONADO	40
3.2.1 Chapas de gesso acartonado	41
3.2.1.1 Chapa <i>standard</i>	42
3.2.1.2 Chapa resistente à umidade	42
3.2.1.3 Chapa resistente ao fogo	43
3.2.2 Elementos estruturais	44
3.2.3 Elementos para fixação	46
3.2.4 Materiais para tratamento das juntas	47
3.2.5 Materiais para isolamento térmico e acústico da parede	49
3.3 DESEMPENHO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS	50
3.3.1 Isolamento térmico de vedações verticais internas	50
3.3.2 Resistência ao fogo de paredes divisórias em gesso acartonado	50
3.3.3 Desempenho estrutural	54
3.4 CUIDADOS NO USO DE PAREDES DE GESSO ACARTONADO	55
3.4.1 Procedimentos de montagem das paredes divisórias	55
3.4.2 Juntas de movimentação	57
3.4.3 Limitações no emprego de paredes de gesso acartonado	57
4 PROGRAMA EXPERIMENTAL	59
4.1 MATERIAIS E MÉTODOS	59
4.1.1 Materiais	59
4.1.2 Amostras	60
4.1.3 Disposição das paredes divisórias para o ensaio	61
4.1.4 Processo de aquecimento	64
4.1.5 Instrumentação dos ensaios	66
4.1.6 Critérios adotados para a determinação da resistência ao fogo	67
4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4.2.1 Parede com 2 chapas de gesso ST em cada face	68
4.2.2 Parede com 1 chapa de gesso RF em cada face	70
4.2.3 Paredes com 2 chapas de gesso RF em cada face	72
4.2.3.1 Ensaio realizado em Tubarão	72
4.2.3.2 Ensaio realizado em Joaçaba	74
5 CONCLUSÃO	78

5.1 SUGESTÕES DE CRITÉRIOS PARA A ACEITAÇÃO DE PAREDES EM GESSO ACARTONADO COMO PAREDE CORTA-FOGO	81
5.2 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	84
REFERÊNCIAS	85
APÊNDICES	90
APÊNDICE A – Tabela temperatura parede com 1 chapa de gesso RF	91
APÊNDICE B – Tabela temperatura parede com 2 chapas de gesso RF	93

1 INTRODUÇÃO

Desde o início das civilizações, o elemento fogo, tem estado presente na vida das pessoas, tanto no preparo de alimentos, como na transformação de materiais, como à do ferro em aço carbono. Porém, o fogo, uma vez descontrolado, acaba gerando o incêndio, e com este, inúmeras tragédias no decurso da história tem ocorrido, com a perda de patrimônio e vidas.

Com o domínio do fogo e a fixação do homem na terra, também veio a formação das cidades, impondo a construção de habitações, com o emprego dos materiais disponíveis para as primeiras construções, como madeira e pedra.

Desde então, a construção civil nunca mais parou de crescer, com as cidades cada vez maiores e com menos espaços para as edificações, forçando a verticalização das obras, aumentando os riscos das construções para as pessoas.

Após a revolução industrial, a incorporação de novos materiais no mercado e a sistematização da cadeia de produção é uma tônica irreversível. Os processos de produção são cada vez mais industrializados, a fim de reduzir os custos e o tempo de produção. A construção civil no Brasil, apesar de ser muito resistente a mudanças de comportamento, também se viu obrigada a aderir a esse processo de industrialização.

A construção civil em nosso país, nos últimos 10 anos, teve um crescimento exponencial, causado pelo programa habitacional do governo federal, Minha Casa Minha Vida, financiando e estimulando a construção de casas populares. Este crescimento da construção civil, com a escassez cada vez maior de mão-de-obra, exigiu das construtoras a incorporação de novos materiais e novos métodos de construção, a fim de tornar o processo mais industrializado.

Na construção de uma edificação, o sistema de fechamento dos ambientes através de vedações verticais, ou seja, a construção das paredes, ainda é o mais lento e artesanal na construção da obra. Assim, na década de 90, foi incrementado pelas construtoras, uso de paredes divisórias montadas com chapas de gesso acartonado, impactando principalmente na redução da mão-de-obra, na redução dos custos e principalmente na redução do tempo de execução das paredes.

A versatilidade e as vantagens, do sistema de construção *drywall* de paredes divisórias com chapas de gesso acartonado, estão conquistando as construtoras e os consumidores, sendo cada vez mais utilizados nas edificações.

Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall* (ABFCD, 2011), no ano de 2005 foram produzidos no Brasil 14 milhões de m² de chapas de gesso acartonado para *drywall*, e em 2011 a produção chegou a 39 milhões de m² de chapas, o que significa um aumento no consumo de 178,57% em 6 anos.

Estes números indicam que é necessário estudar o comportamento ao fogo deste tipo de parede, qual o seu desempenho durante um incêndio e a resistência da parede ao fogo na compartimentação de ambientes.

Na gestão de eventos críticos, como incêndios em edificações verticais, uma das formas mais eficientes de proteção ao fogo é a compartimentação de ambientes, incorporada na construção.

A compartimentação de ambientes, através do uso de paredes corta-fogo, permite o isolamento do incêndio, proporciona rotas de fuga seguras para os usuários da edificação, e gera condições seguras para as operações de resgate de vítimas e combate ao fogo.

Para que uma parede seja considerada corta-fogo, é necessário que ela seja resistente ao fogo, tendo 3 características: estabilidade (ou integridade), estanqueidade e isolamento térmico (ABNT NBR 10636, 1989).

A comprovação da resistência ao fogo da parede ocorre através de ensaios. No caso das paredes construídas com chapas de gesso acartonado, ainda existe uma carência de informações, da sua resistência ao fogo e do seu comportamento durante o incêndio.

No Brasil, algumas Corporações de Corpos de Bombeiros já possuem especificadas em suas normas de segurança contra incêndio, o tempo de resistência ao fogo, de paredes construídas com chapas de gesso acartonado, porém, não definem as características e nem o comportamento ao fogo deste tipo de parede.

Em Santa Catarina, o Corpo de Bombeiros Militar tem recebido inúmeras consultas técnicas, questionando os requisitos necessários para a aceitação de paredes com chapas de gesso acartonado, como parede corta-fogo com 2 horas de resistência ao fogo, na compartimentação de ambientes.

A ausência de uma norma, no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, que aborde o uso de parede com chapas de gesso acartonado na compartimentação de ambientes, é um problema latente, que necessita de um estudo aprofundado sobre o tema, para que possa auxiliar no embasamento técnico para a construção de uma norma específica.

Nesse contexto, este trabalho busca fazer o estudo da possibilidade de usar as paredes divisórias construídas com chapas de gesso acartonado, como paredes corta-fogo para a compartimentação de ambientes, isolando os riscos num incêndio.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Estudar a possibilidade de utilizar a parede construída com chapas de gesso acartonado como parede corta-fogo.

1.1.2 Específicos

- a) Fazer pesquisa bibliográfica dos tipos e das características de paredes corta-fogo;
- b) Fazer pesquisa bibliográfica dos tipos e das características de paredes em gesso acartonado;
- c) Estudar o comportamento ao fogo, da parede construída com chapas de gesso acartonado, através de ensaio.

1.2 METODOLOGIA

Para estudar a possibilidade de utilização das paredes divisórias construídas com chapas de gesso acartonado como parede corta-fogo, adotou-se uma lógica de pesquisa dedutiva, partindo do geral para o específico. A abordagem do problema de pesquisa foi a do tipo qualitativa. Quanto aos objetivos da pesquisa, ela foi a do tipo descritiva e exploratória. A estratégia de pesquisa utilizada foi a bibliográfica e a experimental. O horizonte de tempo da pesquisa foi transversal,

com uma coleta de dados por amostra e documentação (GIL, 2002; SAUNDERS et al, 2003).

A pesquisa bibliográfica teve dois objetivos, sendo o primeiro, estudar na literatura científica disponível as paredes corta-fogo, e o segundo objetivo foi estudar as paredes em gesso acartonado.

O resultado da pesquisa bibliográfica sobre paredes corta-fogo resultou no capítulo 2 desta monografia, abrangendo a definição de paredes corta-fogo, a segurança contra incêndio nas edificações, a transferência de calor em paredes durante o incêndio, os fatores que influenciam a resistência ao fogo das paredes e método de ensaio para determinação da resistência ao fogo.

Da pesquisa bibliográfica sobre paredes construídas com chapas de gesso acartonado resultou no capítulo 3 desta monografia, abrangendo a definição deste tipo de parede, o desempenho das vedações verticais internas, os componentes usados na construção da parede e os cuidados no emprego de paredes com chapas de gesso acartonado.

O objetivo dos ensaios com paredes divisórias construídas com chapas de gesso acartonado foi verificar o desempenho deste tipo de parede na condição de um incêndio real, e determinar a resistência ao fogo das paredes. Para isto, foram realizados 4 ensaios experimentais, com 3 configurações diferentes de paredes divisórias, sendo realizados 2 ensaios no contêiner de aço do 8º Batalhão de Bombeiros Militar (BBM) na cidade de Tubarão, no dia 21 de agosto de 2012, e mais 2 ensaios no laboratório da 2ª/2º BBM na cidade de Joaçaba, nos dias 19 e 20 de setembro de 2012.

O programa experimental dos ensaios, com os materiais e métodos utilizados, bem como os resultados obtidos nos ensaios estão descritos no capítulo 4 desta monografia.

O capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho, sugestões de critérios para a aceitação de paredes com chapas de gesso acartonado como paredes corta-fogo e algumas sugestões para futuras pesquisas.

2 PAREDES CORTA-FOGO

Este capítulo aborda o conceito de paredes corta-fogo no contexto da segurança contra incêndio em edificações, como ocorre a transferência de calor em paredes, os fatores que influenciam a resistência ao fogo das paredes e o método de determinação da resistência ao fogo de paredes.

A ABNT NBR 9077 (1993), que normatiza as saídas de emergência em edifícios, define parede corta-fogo como sendo um tipo de parede que num incêndio, mantém as suas características de: resistência mecânica, estanqueidade à passagem de chamas e isolamento térmico, de tal forma que a temperatura na face da parede não exposta ao fogo, não pode ultrapassar os 140 °C.

2.1 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS EM EDIFICAÇÕES

A segurança contra incêndio em edificações visa minimizar os riscos de um incêndio e os danos causados pelo mesmo. A finalidade destas medidas de segurança contra incêndio é fazer com que num incêndio, a edificação mantenha o seu desempenho estrutural, por certo tempo, com a limitação da geração de fumaça e do fogo, de tal forma que os usuários da edificação possam sair em segurança, além de permitir o acesso seguro das equipes de resgate e combate a incêndio (HAHN, 1994).

A segurança contra incêndio pode ser dividida em medidas de prevenção de incêndio e medidas de proteção contra incêndio. As medidas de prevenção de incêndio têm a finalidade de prevenir à ocorrência do incêndio; já as medidas de proteção contra incêndio possuem o objetivo de proteger a vida humana e o patrimônio dos efeitos do incêndio. As medidas de proteção contra incêndio podem ser por proteção ativa ou proteção passiva (ONO, 2007).

A ABNT NBR 14432 (2001, p. 3) define as medidas de proteção ativa da edificação como: “tipo de proteção contra incêndio que é ativada manual ou automaticamente em resposta aos estímulos provocados pelo fogo, composta basicamente das instalações prediais de proteção contra incêndio”.

A proteção passiva das edificações é definida pela A ABNT NBR 14432 (2001, p. 3) como sendo:

Conjunto de medidas incorporado ao sistema construtivo do edifício, sendo funcional durante o uso normal da edificação e que reage passivamente ao desenvolvimento do incêndio, não estabelecendo condições propícias ao seu crescimento e propagação, garantindo a resistência ao fogo, facilitando a fuga dos usuários e a aproximação e o ingresso no edifício para o desenvolvimento das ações de combate.

A proteção passiva pode ser incorporada na edificação, como por exemplo, através da compartimentação de ambientes e de pavimentos.

2.1.1 Compartimentação

A propagação do incêndio em uma edificação pode ser limitada se for subdividido em compartimentos, separados entre si por paredes e/ou pisos de construção resistentes ao fogo. Tanto a compartimentação vertical como a horizontal tem a finalidade de impedir a propagação do fogo entre pavimentos e ambientes adjacentes, limitando desta forma o crescimento do incêndio no interior da edificação (ONO et al., 2008, p. 129).

A compartimentação consiste na interposição de elementos de construção resistentes ao fogo, tais como paredes e portas corta-fogo, destinados a separar um ou mais locais do restante da edificação, de forma a evitar ou minimizar a propagação do fogo, calor e gases aquecidos (MARCATTI et al., 2008, p. 170).

De acordo com a Instrução Técnica (IT) nº 02 do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP), os principais objetivos da compartimentação são (SÃO PAULO, 2011, p. 101):

- a) fazer a contenção do fogo em seu ambiente de origem;
- b) manter as rotas de fuga seguras contra os efeitos do incêndio;
- c) facilitar as operações de resgate e combate ao incêndio.

2.1.1.1 Compartimentação horizontal

Segundo Ono et al. (2008, p. 129) a compartimentação horizontal é uma medida de proteção passiva, que “consiste em dividir a edificação em várias unidades no plano horizontal, capazes de suportar o incêndio, impedindo a propagação do fogo para ambientes adjacentes no mesmo pavimento”. Para isto, as paredes de compartimentação precisam apresentar resistência ao fogo compatível com a severidade do incêndio e com a estrutura da edificação.

A compartimentação horizontal pode ser obtida pelos seguintes elementos construtivos na edificação (MARCATTI et al., 2008, p. 172; SÃO PAULO, 2011, p. 101):

- a) paredes corta-fogo para compartimentação de áreas;
- b) portas e vedadores corta-fogo nas paredes de compartimentação;
- c) registros corta-fogo nos dutos que transpassam as paredes de compartimentação;
- d) selagem corta-fogo nas passagens de instalações prediais (cabos e tubulações) das paredes de compartimentação;
- e) portas corta-fogo para acesso as unidades autônomas;
- f) afastamento horizontal entre janelas de ambientes compartimentados.

2.1.1.2 Compartimentação vertical

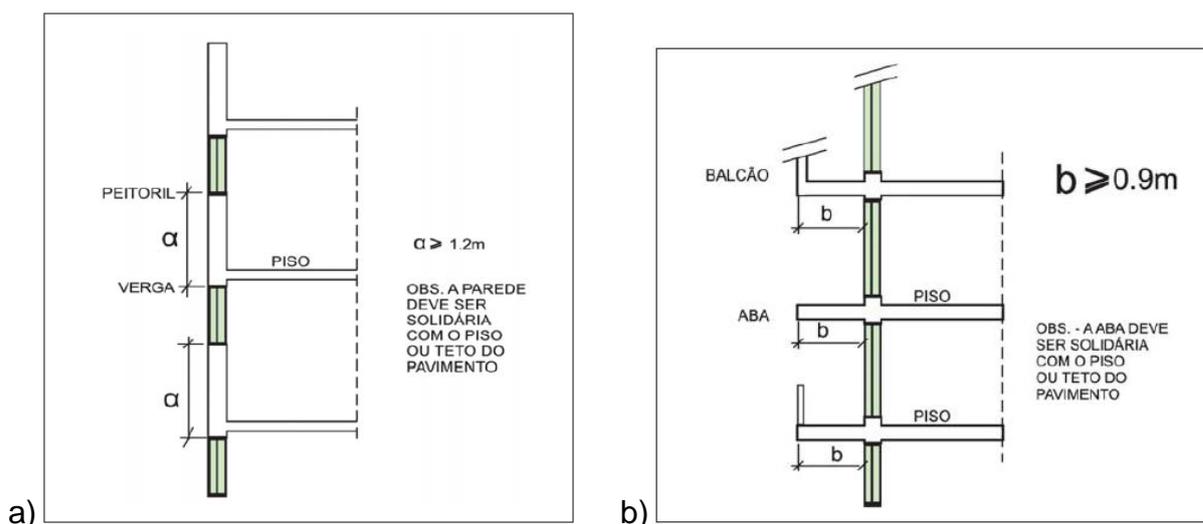
A compartimentação vertical é uma medida de proteção passiva, que consiste em separar a edificação em pavimentos capazes de suportar o incêndio, impedindo a sua propagação para pavimentos consecutivos. A compartimentação vertical pode ser feita através das lajes, e da separação entre as aberturas de pavimentos consecutivos. Estes elementos de separação devem ter resistência ao fogo compatível com o restante da edificação. Em edificações verticais obtém-se a compartimentação vertical em escadas por meio de paredes e portas corta-fogo (ONO et al., 2008, p. 129).

A compartimentação vertical pode ser obtida pelos seguintes elementos construtivos na edificação (MARCATTI et al., 2008, p. 173; SÃO PAULO, 2011, p. 102):

- a) entre-pisos (lajes) corta-fogo;
- b) enclausuramento das escadas e elevadores através de paredes e portas corta-fogo;
- c) registros corta-fogo em dutos e *shafts* que intercomunicam os pavimentos;
- d) selagem corta-fogo de passagens de instalações prediais (fios e tubos), através das lajes corta-fogo;
- e) utilização de abas verticais ou parapeitos com altura mínima de 1,20 m entre verga e peitoril, resistentes ao fogo (ver figura 1);

- f) utilização de abas horizontais ou balcão no prolongamento do entrepisos, externa ao edifício, com dimensão mínima de 0,90 m, resistentes ao fogo (ver figura 1).

Figura 1 – Compatimentação vertical externa: a) Aba vertical ou peitoril; b) Aba horizontal ou balcão



Fonte: São Paulo (2011, p. 102).

O uso de abas, peitoril ou balcão, dificulta a passagem das chamas entre os pavimentos, durante o incêndio em edificações verticalizadas.

2.1.2 Resistência ao fogo de paredes

Toda edificação destinada à ocupação de pessoas deve atender algumas exigências, tais como, segurança, conforto, higiene e economia. A segurança ao fogo desempenha um papel importante nas edificações, sendo um problema que se agrava na arquitetura moderna, com a incorporação de novos materiais sintéticos e sistemas construtivos (BERTO, 1988).

Na engenharia de segurança contra incêndio das edificações, um item muito importante é a resistência ao fogo das paredes de uma edificação, onde se constatou em incêndios ocorridos em edifícios altos, que as vias de circulação apresentavam uma grande vulnerabilidade à fumaça, ao calor e às chamas, dificultando o abandono da edificação e facilitando a propagação do incêndio (ONO, 2007).

São várias as medidas que podem ser tomadas para proporcionar um nível de segurança aos usuários de uma edificação, conforme pode ser visto no quadro 1 (BERTO, 1988).

Quadro 1 – Medidas de controle do fogo

Medidas de controle do fogo	Controle do processo de combustão	Controle dos combustíveis (quantidade, propriedades e distribuição)
		Controle do ambiente (geometria do recinto, propriedades térmicas e ventilação)
	Supressão do fogo	Manual (por exemplo, extintores portáteis)
		Automáticas (por exemplo, <i>sprinklers</i>)
	Disposições construtivas	Confinamento do fogo (por exemplo, barreira resistente ao fogo)
		Integridade do elemento estrutural (por exemplo, proteção da estrutura)

Fonte: Berto (1988, p. 361).

Com relação às disposições construtivas (confinamento do fogo e integridade do elemento estrutural), o seu objetivo é evitar o colapso da edificação, e confinar o incêndio a uma zona restrita, sem perigo para as zonas adjacentes. Logo, é preciso qualificar os materiais de construção, quanto a sua resistência ao fogo (BERTO, 1988).

As paredes da edificação para que possam exercer a função de compartimentação, em situação de incêndio, dependem da sua resistência ao fogo. De forma simplista pode-se definir a resistência ao fogo como a propriedade que um elemento construtivo (ou a combinação de elementos) tem de proteger do fogo ou de se opor ao avanço do incêndio (BUCHANAN, 2002).

Berto (1988, p. 361) conceitua a resistência ao fogo dos elementos construtivos da edificação como sendo:

[...] o tempo durante o qual os elementos da construção sujeitos a uma elevação padronizada de temperatura (simulação de incêndio) mantêm a sua estabilidade (elementos estruturais) ou integridade (elementos não estruturais) 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.

Na norma ABNT NBR 10636 (1989, p. 1) a resistência ao fogo de paredes e divisórias sem função estrutural é definida como: “propriedade de suportar o fogo e proteger contra a sua ação. É caracterizada pela sua capacidade de manter a estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico”.

2.2 TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM PAREDES

Segundo Buchanan (2002) a transferência de calor é o trânsito de energia decorrente de uma diferença de temperatura no meio ou entre meios. Em um incêndio, a transmissão de calor através da parede pode ocorrer por: condução, convecção e radiação, dependendo da composição das camadas da parede. Sendo por condução na camada sólida da parede (argamassa, reboco, concreto, argila, areia, etc), e por convecção e radiação na camada gasosa da parede (elemento vazado, cavidades e espaços vazios da parede).

A transferência de calor no interior da parede não é linear, conforme constatação em ensaios de resistência ao fogo. Esta transferência de calor depende de alguns fatores, como a espessura da parede e a taxa de aquecimento a qual a mesma é submetida (NADJAI et al., 2009).

Num incêndio, a transferência de calor através da parede, ocorre da seguinte forma:

- a) No início do incêndio, a temperatura dos gases no interior do ambiente com fogo irá aumentar, apresentando uma temperatura superior à temperatura da superfície da parede exposta à ação do fogo, ocorrendo à transferência de calor por convecção e radiação do ar aquecido dentro do ambiente para a face exposta ao fogo da parede (NGUYEN et al., 2009).
- b) Com o aumento da temperatura da superfície da face da parede exposta ao fogo, ocorrerá uma diferença de temperatura entre esta face exposta ao fogo em relação à face da parede não exposta ao fogo, que provocará a troca de calor entre as duas superfícies da parede, através dos materiais que compõem a parede (blocos, argamassa, espaços vazios, etc) (NGUYEN et al., 2009).
- c) Nas partes ou camadas maciças da parede, a transferência de calor ocorre por condução, e nos elementos vazados, cavidades ou espaços

vazios a transferência de calor ocorre por convecção e por radiação (AL-HADHRAMI; AHMAD, 2008).

d) Com a transferência de calor ocorrendo através da parede, à temperatura da face da parede não exposta ao fogo irá aumentar, ficando com uma temperatura superior em relação à temperatura do ar deste ambiente (compartimento protegido do fogo pela parede). Com isso ocorrerá à perda de calor (resfriamento) da superfície da face não exposta ao fogo para o ar do ambiente, por convecção e radiação (AL-HADHRAMI; AHMAD, 2008).

2.2.1 Condutividade térmica

A condutividade térmica é a capacidade do material de transportar calor. Esta propriedade do material representa a taxa de calor que é transferida através da espessura do material por unidade de diferença de temperatura, em W/m.K (INCROPERA; DEWITT, 1992).

A condutividade térmica de um material se altera em função da temperatura em que o mesmo se encontra. Em alguns estudos a condutividade térmica do material aumentou com o aumento da temperatura, e em outros casos a condutividade térmica do material diminuiu com a elevação da temperatura (NGUYEN et al., 2009; PINTO et al., 2006). O quadro 2 apresenta os valores de condutividade térmica para alguns materiais secos e em temperatura de 20 °C.

Quadro 2 – Condutividade térmica de alguns materiais.

Condutividade térmica (W/m.K)	Descrição	Autor
0,70 a 1,05	Tijolo comum	Lamberts, 1997
1,00	Bloco vazado (espessura 14 cm)	Chichierchio, 1990
0,023	Ar seco	PROTOLAB
0,58	Água	PROTOLAB
52	Aço/ferro	PROTOLAB
2,0	Concreto de cascalho	PROTOLAB
0,35 a 0,5	Concreto celular	PROTOLAB
0,04	Lã de vidro/rocha	PROTOLAB
0,18	Placa de gesso acartonado	ABFCD

Fonte: Rosemann (2011); PROTOLAB (2012); Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall – ABFCD (2012).

Nos materiais porosos, como blocos cerâmicos, a condutividade térmica também aumenta com o aumento do teor de umidade presente nos poros do material. Isto se deve ao fato da condutividade térmica da água ser maior que a do ar, e com a evaporação da água presente nos poros do material, o vapor d'água ao se difundir pelos poros transporta calor (MENDES et al., 2001).

2.2.2 Calor específico dos materiais

O calor específico de um material é a quantidade de calor que cada grama da substância precisa para variar sua temperatura em 1 °C. Logo, quanto menor o calor específico de uma substância, mais fácil de variar a sua temperatura (CHICHIERCHIO, 1990). O quadro 3 apresenta os valores do calor específico para alguns materiais, em temperatura ambiente.

Quadro 3 – Calor específico de alguns materiais

Calor específico (J/kg.K)	Descrição	Autor
498	Ferro	SOFISICA
837	Gesso	SOFISICA
840	Tijolo comum	Buchanan, 2002
870	Tijolo vazado (10 x 30 x 57 cm)	Nguyen et al, 2009
900	Bloco vazado (19,7 x 19,7 x 49 cm)	Al Nahhas et al, 2007
920	Tijolo comum	Lamberts et al, 2007
2009	Vapor d'água	SOFISICA
4186	Água	SOFISICA

Fonte: Rosemann (2011); SOFISICA (2012).

Segundo Pinto et al. (2006), o calor específico de uma substância também aumenta com a elevação da temperatura do material, até atingir um valor aproximadamente constante.

2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM A RESISTÊNCIA AO FOGO

Seito (2008, p. 43) explica que o incêndio é uma combustão rápida e descontrolada, que tem como produtos resultantes da combustão: o calor, a chama e a fumaça. O desenvolvimento do incêndio depende de vários fatores, tais como:

- a) a forma e as dimensões do local;
- b) a quantidade e a distribuição do material combustível no local;
- c) as condições climáticas (temperatura e umidade relativa);
- d) o local de início do incêndio no ambiente;
- e) aberturas para ventilação do ambiente;
- f) as características arquitetônicas do ambiente;
- g) as medidas de prevenção e proteção contra incêndio instaladas.

O desempenho da resistência ao fogo das paredes depende de alguns fatores, como (THOMAZ; HELENE, 2000):

- a) características da matéria-prima usada no bloco da parede;
- b) características geométricas dos blocos da parede;
- c) características construtivas da parede; e
- d) estabilidade estrutural da parede.

2.3.1 Características da matéria-prima usada no bloco da parede

O desempenho ao fogo da parede de alvenaria é determinado pelas características da matéria-prima utilizada na produção do bloco da parede de alvenaria. Estas características da matéria-prima são: a condutividade térmica, o calor específico, a densidade, a porosidade e a resistência mecânica (THOMAZ; HELENE, 2000).

O isolamento térmico das paredes é afetado pelas diferenças na matéria-prima e no processo de fabricação dos blocos usados na parede, produzindo assim diferentes tipos de blocos, com diferentes condutividades térmicas e calor específico. A parede construída com material de baixa condutividade térmica proporciona um maior isolamento térmico, e conseqüentemente, uma maior resistência ao fogo. Já os materiais com um calor específico elevado absorvem grandes quantidades de calor, dificultando a transmissão de calor através da parede. Logo, a capacidade de isolamento térmico da parede, depende da combinação de uma condutividade térmica baixa com um calor específico alto do material construtivo da parede (THINK BRICK AUSTRALIA, 2006).

A densidade e a porosidade do bloco influencia na resistência ao fogo da parede, pois a umidade existente no interior dos poros do bloco consome uma parte

do calor que atravessa a parede, na mudança de fase da água de líquida para gasosa (calor latente) (NGUYEN et al., 2009).

2.3.2 Características geométricas dos blocos da parede

As características geométricas dos blocos usados na parede, que influenciam a resistência ao fogo da parede, são: o tipo de bloco (maciço ou vazado), as dimensões do bloco, a quantidade de partes vazadas e de partes maciças nos blocos (NGUYEN et al., 2009).

O isolamento térmico no bloco ocorre em duas partes distintas. Nas partes vazadas do bloco, a condução térmica ocorre por convecção e radiação, contribuindo neste aspecto, para a diminuição da condutividade térmica do bloco. Já na parte maciça do bloco, devido ao fato da transmissão de calor através da parede dar-se por condução, uma determinada quantidade do calor é absorvida pela massa da parede, o que contribui para o aumento do isolamento térmico do bloco (NGUYEN et al., 2009).

2.3.3 Características construtivas da parede

O tipo de argamassa usada nas juntas de assentamento dos blocos, bem como o tipo de juntas horizontais e verticais entre os blocos da parede, influencia o seu isolamento térmico, pois a argamassa tem propriedades térmicas diferentes daquelas dos blocos. O tipo de composição da argamassa também altera as suas propriedades (AL-HADHRAMI; AHMAD, 2008).

O enchimento (com concreto, areia, etc) dos vazios dos blocos, durante o processo construtivo da parede, aumenta o seu isolamento térmico, pois a quantidade de calor absorvida durante a condução térmica do calor, que atravessa a parede, é muito grande, aumentando desta forma, o isolamento térmico da parede de alvenaria (AL-HADHRAMI; AHMAD, 2008).

A camada de argamassa de reboco ou de revestimento sobre um ou ambos os lados dos blocos da parede, também aumenta o seu isolamento térmico, proporcionalmente à espessura da camada do reboco ou do revestimento. Porém este aumento do isolamento térmico fica limitado ao tempo durante o qual a camada

de reboco ou de revestimento é capaz de se manter solidária à superfície exposta da parede ao fogo (OLIVEIRA, 1998).

2.3.4 Estabilidade estrutural da parede

Os elementos utilizados na construção da parede, quando expostos a altas temperaturas, podem sofrer degradação de suas propriedades, diminuindo a resistência mecânica e gerando uma fissuração excessiva, que pode levar inclusive a ruptura do elemento construtivo e a desintegração da alvenaria (NADJAI, 2006).

Durante o incêndio, a exposição ao fogo ocorre somente em uma face da parede, logo, a dilatação térmica será maior nas partes mais aquecidas, e esta diferença de dilatação térmica entre as faces da parede, o que irá provocar um encurvamento da parede na direção do fogo. Este encurvamento causa um aumento da excentricidade das cargas aplicadas sobre a parede, inclua-se aqui no carregamento o peso próprio da parede, aumentando os esforços e solicitações sobre a parede, o que pode trazer o colapso estrutural da parede (NADJAI, 2006).

Uma forma de aumentar a estabilidade estrutural das paredes, diminuindo assim os efeitos dos esforços decorrentes da diferença de dilatação térmica na parede num incêndio, é aumentando a espessura da própria parede ou aumentar o número de pilares (OLIVEIRA, 1998).

2.4 MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO FOGO

O comportamento dos materiais, componentes e sistemas de construção de uma edificação frente ao fogo é verificado em ensaios de resistência ao fogo (KATO, 1988).

O método de ensaio de resistência ao fogo consiste em verificar o isolamento térmico, a estanqueidade a gases quentes e chamas, e a estabilidade estrutural (aplicável a elementos estruturais) ou integridade (aplicável a elementos não estruturais) da amostra do elemento construtivo da edificação. Para amostras (corpo-de-prova) de elementos estruturais, o carregamento deve ser reproduzido durante o ensaio (BERTO, 1988, p. 363).

A ANBT NBR 10636 (1989) padroniza o método de ensaio para a determinação da resistência ao fogo de paredes divisórias sem função estrutural.

Já a ABNT NBR 5658 (2001) prescreve o método de ensaio para a determinação da resistência ao fogo dos elementos construtivos estruturais: paredes estruturais, lajes, pilares e vigas.

Os critérios de avaliação dos resultados do ensaio de resistência ao fogo, segundo Berto (1988) são os seguintes:

a) **Estabilidade** (aplicável a elementos estruturais) – considera-se estável o corpo-de-prova que, sob o efeito de carregamento (mantido constante durante o ensaio) e da ação do calor decorrente da elevação padronizada de temperatura, não sofra ruptura ou deslocamento transversal maior que o estipulado para cada caso (ABNT NBR 5628, 2001);

b) **Integridade** (aplicável a elementos não estruturais) – considera-se íntegro o corpo-de-prova que durante todo o ensaio, inclusive durante a aplicação do teste de choque mecânico, não entre em colapso e nem apresente trincas ou deformações excessivas (ABNT NBR 10636, 1989);

c) **Estanqueidade** – considera-se estanque o corpo-de-prova que, durante o ensaio, não apresente trincas ou aberturas suficientes para permitir a passagem, da face exposta ao fogo para a face não exposta, de gases ou chamas, demonstradas pela inflamação de um chumaço de algodão ou de chamas com duração superior a 10 segundos (ABNT NBR 10636, 1989);

d) **Isolamento térmico** – considera-se o corpo-de-prova satisfatório como isolante térmico, quando não houver, na face não exposta ao fogo, aumento de temperatura média superior a 140 °C e aumento de temperatura em qualquer ponto superior a 180 °C (ABNT NBR 10636, 1989). Normalmente, o isolamento térmico é o parâmetro determinante da resistência ao fogo dos materiais (BEALL, 1994).

O principal critério para a determinação da resistência ao fogo da parede, geralmente, é o isolamento térmico, ocorrendo antes dos demais critérios de resistência mecânica (estabilidade ou integridade) e de estanqueidade (BRICK INDUSTRY ASSOCIATION, 2008).

2.4.1 Categorias de resistência ao fogo

De acordo com a ABNT NBR 10636 (1989), após a realização do ensaio de resistência ao fogo, o corpo-de-prova (parede divisória) deve se enquadrar em uma ou mais das seguintes categorias:

- a) Corta-Fogo – CF: quando atender às exigências de estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico;
- b) Pára-Chamas – PC: quando atender às exigências de estabilidade e estanqueidade.

2.4.2 Graus de resistência ao fogo

Conforme a ABNT NBR 10636 (1989), a cada categoria (CF e/ou PC) de resistência ao fogo do corpo-de-prova (parede divisória), é associado um grau de resistência ao fogo. Este grau é o tempo, em minutos, de ensaio durante o qual o corpo-de-prova satisfaz aos critérios de resistência correspondentes à sua categoria. Os graus de resistência ao fogo são: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 e 360.

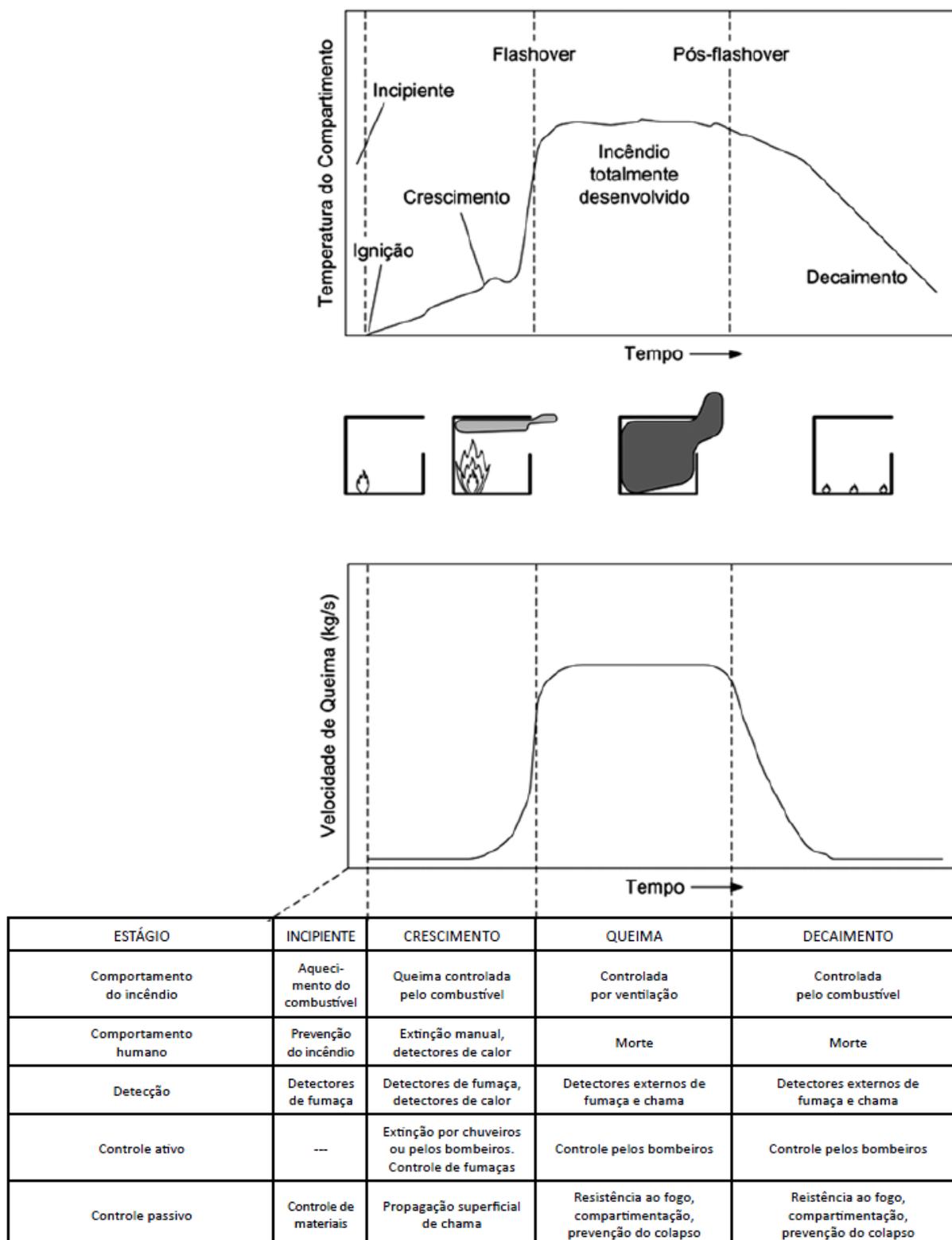
2.4.3 Curva de elevação de temperatura

2.4.3.1 Curva de elevação de temperatura do incêndio real

Como a curva temperatura-tempo de um incêndio real se altera, para cada situação estudada, convencionou-se adotar a curva padrão temperatura-tempo como modelo para a análise experimental de elementos estruturais, paredes de vedação, portas corta-fogo, etc, em fornos de laboratórios de pesquisa. A curva padrão de temperatura-tempo é de fácil uso, porém as conclusões com base nessa curva devem ser analisadas com cuidado, pois o incêndio-padrão não corresponde ao incêndio real (SILVA et al., 2008).

A figura 2 ilustra uma curva temperatura-tempo de um incêndio real, com as diferentes fases de um incêndio compartimentado.

Figura 2 – Descrição geral de um incêndio compartimentado



Fonte: SILVA et al. (2008, p. 146).

No incêndio real, após o flashover a temperatura tende a cair, já no incêndio padrão, a temperatura sempre se eleva com o tempo e não decai.

2.4.3.2 Curva padrão de elevação de temperatura do incêndio

Berto (1988) explica que a evolução da temperatura num incêndio depende de uma série de fatores, que se inter-relacionam e são característicos de um determinado ambiente. A seguir estão relacionados os principais fatores:

- a) quantidade, tipo e distribuição dos materiais combustíveis no interior do recinto (carga de incêndio);
- b) suprimento de ar na unidade de tempo (ventilação);
- c) porosidade e forma dos materiais combustíveis;
- d) forma do recinto;
- d) características térmicas dos materiais constituintes do recinto.

A severidade de um incêndio (seu potencial destrutivo), é determinado pela evolução da temperatura com o tempo num incêndio, condiciona a resistência ao fogo dos elementos de construção (BERTO, 1988).

Para a realização do ensaio de resistência ao fogo, a ANT NBR 10636 (1989, p. 3) define que o aumento da temperatura deve ser controlado de modo a variar com o tempo, de acordo com a seguinte equação do incêndio padrão:

$$T - T_o = 345 \cdot \log(8 \cdot t + 1)$$

Onde:

T = temperatura do forno no tempo t, em °C;

T_o = temperatura inicial do forno, em °C, sendo 10 °C ≤ T_o ≤ 40 °C;

t = tempo de ensaio, em minutos.

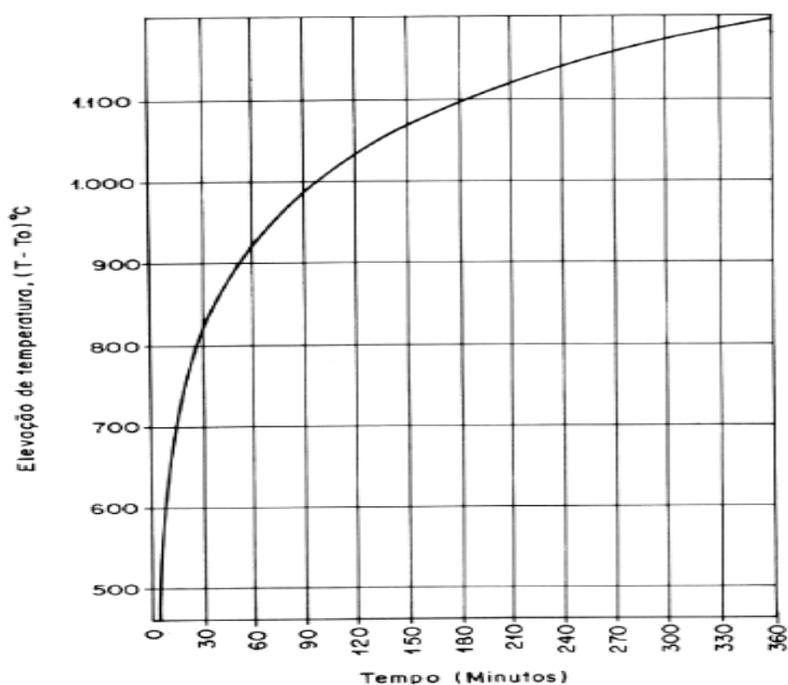
O quadro 4 apresenta alguns valores de temperatura em função do tempo, decorrentes da aplicação da equação do incêndio padrão, para a padronização da elevação da temperatura do forno durante o ensaio de resistência ao fogo. A curva que representa esta equação é a curva padrão de elevação de temperatura, que está apresentada na figura 3 (ANT NBR 10636, 1989, p. 3).

Quadro 4 - Elevação de temperatura

Tempo T (min)	Elevação de temperatura do forno (T-To) °C
5	556
10	659
15	718
30	821
60	925
90	986
120	1029
180	1090
240	1133
360	1193

Fonte: ABNT NBR 10636 (1989, p. 03).

Figura 3 – Curva padrão de elevação de temperatura



Fonte: ABNT NBR 10636 (1989, p. 03).

A curva padrão de elevação de temperatura é uma curva logarítmica.

2.4.4 Tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF)

A ABNT NBR 14432 (2001) estabelece as condições a serem atendidas pelos elementos estruturais e de compartimentação de uma edificação, em situação

de incêndio, a fim de evitar o colapso estrutural. Esta norma define que para os elementos de compartimentação da edificação, devem ser atendidos requisitos de estabilidade, estanqueidade e isolamento por um tempo suficiente, que possibilite:

- a) a fuga dos ocupantes da edificação, com segurança;
- b) a segurança nas operações de combate ao incêndio;
- c) a minimização dos danos a edificações adjacentes.

A ABNT NBR 14432 (2001, p. 3) define o TRRF como sendo o “tempo mínimo de resistência ao fogo, preconizado por esta norma, de um elemento construtivo quando sujeito ao incêndio-padrão”.

A ABNT NBR 9077 (1993), especifica um tempo mínimo de 120 minutos de resistência ao fogo, para as paredes:

- a) das antecâmaras de acesso as escadas enclausuradas;
- b) das caixas de escadas enclausuradas protegidas;
- c) dos dutos de entrada de ar e de saída de ar.

A ABNT NBR 9077 (1993), especifica um tempo mínimo de 240 minutos de resistência ao fogo, para as paredes:

- a) das caixas de escada enclausurada à prova de fumaça;
- b) das caixas dos elevadores de emergência.

Pela ABNT NBR 9077 (1993) o corredor ou átrio enclausurado que for usado como descarga, deve ter paredes resistentes ao fogo com o mesmo tempo das paredes das escadas que a ele conduzirem.

Para que as unidades autônomas sejam consideradas isoladas entre si, a ABNT NBR 9077 (1993), especifica que devem ser separadas entre si e das áreas de uso comum por paredes resistentes ao fogo por 120 minutos, e com 240 minutos se em edifícios com mais de 30 metros de altura.

No Estado de Santa Catarina a regulamentação contra incêndio é efetuada através das Normas de Segurança Contra Incêndio (NSCI), fixadas através do Decreto Estadual nº 4.909, de 18 de outubro de 1994, e das Instruções Normativas (IN) baixadas por Portaria do Comandante Geral do CBMSC (SANTA CATARINA, 1992; CBMSC, 2012).

As NSCI do CBMSC, através do Decreto Estadual nº 4.909, de 18 de outubro de 1994 (SANTA CATARINA, 1992) e da IN nº 009/DAT/CBMSC (CBMSC, 2006), definem que nas saídas de emergência, deverá ser previsto uma resistência ao fogo, mínima, de:

a) 120 minutos para as paredes dos dutos de ventilação e entrada de ar, paredes das antecâmaras das escadas, caixa das escadas protegida e das escadas enclausurada;

b) 240 minutos para as paredes da caixa das escadas enclausurada à prova de fumaça.

A IN nº 009/DAT/CBMSC (CBMSC, 2006) especifica os tipos de paredes de alvenaria que podem ser utilizadas como paredes corta-fogo, no sistema de saídas de emergência, bem como o tempo de resistência ao fogo das paredes, conforme mostra o resumo no quadro 5.

A IN nº 009/DAT/CBMSC (CBMSC, 2006) especifica, que ao ser construído a central de gás, se o material a ser empregado nas paredes for blocos do tipo vazado, estes blocos deverão ser preenchidos com material idêntico ou similar ao utilizado na sua fabricação.

Quadro 5 – Tipos de paredes resistentes ao fogo pela IN nº 009/DAT/CBMSC

Material	Espessura da parede (cm)	Tempo de resistência ao fogo (horas)
Parede de tijolos maciços de barro revestidos de ambos os lados, assentados em argamassa de cimento e areia, ou cimento, cal e areia	15	2
	25	4
	35	8
Parede de blocos de concreto celular autoclavado (para paredes externas da escada e da antecâmara)	10	4
Parede de blocos de concreto celular autoclavado (para paredes internas entre a escada e a antecâmara)	7,5	4
Parede de blocos de concreto (bloco com espessura de 12,5 cm + 3 cm de revestimento)	15,5	2

Fonte: CBMSC (2006, p. 5).

A IT nº 08 do CBPMESC (SÃO PAULO, 2011) estabelece um TRRF no mínimo 120 minutos para os elementos de compartimentação das escadas, antecâmaras e elevadores de segurança, constituídos pelo sistema estrutural das compartimentações e vedações das caixas, dutos e antecâmaras.

A IT nº 11 do CBPMESC (SÃO PAULO, 2011) e a IT nº 08 do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) (MINAS GERAIS, 2008) definem que

nas saídas de emergência, deverá ser previsto uma resistência ao fogo, por no mínimo 120 minutos, para as paredes:

- das antecâmaras de acesso as escadas enclausuradas;
- das caixas de escadas enclausuradas protegidas;
- das caixas de escada enclausurada à prova de fumaça;
- dos elevadores de emergência;
- dos dutos de entra de ar e de saída de gases e fumaça.

2.4.5 Resultado de ensaios de paredes sem função estrutural

O quadro 6 apresenta alguns resultados de ensaio efetuados em paredes sem função estrutural construídos segundo vários processos e utilizando diferentes materiais. Estes ensaios de resistência ao fogo de paredes foram realizados no Laboratório de Ensaios de Fogo da Divisão de Edificações do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) (BERTO, 1988).

Quadro 6 – Resistência ao fogo de paredes sem função estrutural

Paredes ensaiadas (*)		Características das paredes										Resultado dos ensaios					
		Traço em volume da argamassa de assentamento			Espessura média da argamassa de assentamento (cm)	Traço em volume da argamassa de revestimento					Espessura de argamassa de revestimento (cada face) (cm)	Espessura total da parede (cm)	Duração do ensaio (min)	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (horas)			Resistência ao fogo (horas)
		Cimento	Cal	Areia		Chapisco		Emboço						Integridade	Estanqueidade	Isolação térmica	
					Cimento	Areia	Cimento	Cal	Areia								
Parede de tijolos de barro cozido (dimensões nominais dos tijolos) 5cm x 10cm x 20cm; massa: 1,5kg	Meio tijolo sem revestimento	-	1	5	1	-	-	-	-	-	-	10	120	≥ 2	≥ 2	1 ½	1 ½
	Um tijolo sem revestimento	-	1	5	1	-	-	-	-	-	-	20	395 (**)	≥ 6	≥ 6	≥ 6	≥ 6
	Meio tijolo com revestimento	-	1	5	1	1	3	1	2	9	2,5	15	300	≥ 4	≥ 4	4	4
	Um tijolo com revestimento	-	1	5	1	1	3	1	2	9	2,5	25	300 (**)	≥ 6	≥ 6	≥ 5	> 6
Parede de blocos vazados de concreto (2 furos) blocos com dimensões nominais: 14cm x 19cm x 39cm e 19 cm x 19 cm x 39cm; e massa de 13kg e 17kg respectivamente	Bloco de 14cm sem revestimento	1	1	8	1	-	-	-	-	-	-	14	100	≥ 1 ½	≥ 1 ½	1 ½	1 ½
	Bloco de 19cm sem revestimento	1	1	8	1	-	-	-	-	-	-	19	120	≥ 2	≥ 2	1 ½	1 ½
	Bloco de 14cm sem revestimento	1	1	8	1	1	3	1	2	9	1,5	17	150	≥ 2	≥ 2	2	2
	Bloco de 19cm sem revestimento	1	1	8	1	1	3	1	2	9	1,5	22	185	≥ 3	≥ 3	3	3
Paredes de tijolos cerâmicos de 8 furos (dimensões nominais dos tijolos 10cm x 20cm x 20cm massa 2,9kg)	Meio tijolo com revestimento	-	1	4	1	1	3	1	2	9	1,5	13	150	≥ 2	≥ 2	2	2
	Um tijolo com revestimento	-	1	4	1	1	3	1	2	9	1,5	23	300 (**)	≥ 4	≥ 4	≥ 4	> 4
Paredes de concreto armado monolítico sem revestimento	Traço do concreto em volume, 1 cimento: 2,5 areia média: 3,5 agregado graúdo (granizo pedra nº 3); armadura simples posicionada à meia espessura das paredes, possuindo malha de lados 15cm, de aço CA-50 diâmetro ¼ polegada.											11,5	150	2	2	1	1 ½
												16	210	3	3	3	3

(*) Paredes sem função estrutural ensaiadas totalmente vinculadas dentro da estrutura de concreto armado, com dimensões 2,8m x 2,8m totalmente expostas ao fogo (em uma face);

(**) Ensaio encerrado sem ocorrência de falência em nenhum dos 3 critérios de avaliação.

Fonte: BERTO (1988, p. 362).

O quadro 6 também é utilizado como tabela de resistência ao fogo, ou TRRF, para alvenarias, na IT nº 08 do CBPMESP (SÃO PAULO, 2011, p. 199) e no anexo B da IT nº 06 do CBMMG (MINAS GERAIS, 2008).

2.4.6 Resultado de ensaios de paredes com função estrutural

O quadro 7 apresenta um resumo dos resultados dos ensaios realizados por Rosemann (2011) em paredes de alvenaria construídas com bloco cerâmico estrutural. Estes ensaios de resistência ao fogo foram realizados com base nas prescrições da NBR 5628/2001.

Quadro 7 – Resistência ao fogo em paredes de alvenaria estrutural

Paredes de alvenaria estrutural (*)		Características das paredes						Resultado dos ensaios				
		Traço em volume da argamassa de assentamento			Espessura média da argamassa de assentamento (cm)	Espessura da argamassa de revestimento (cada face) (cm)	Espessura total da parede (cm)	Duração do ensaio (min)	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (min)			Resistência ao fogo (horas)
		Cimento	Cal	Areia					Integridade	Estanqueidade	Isolação térmica	
Parede de blocos cerâmicos estruturais vazados. Dimensões dos blocos: 14 cm x 19 cm x 29 cm Massa do bloco: 6,5kg	Parede sem preenchimento e sem revestimento	1	1	6	1	-	14	200	≥ 106	≥ 106	106	1 ½
	Parede sem preenchimento e com revestimento	1	1	6	1	1,5	17	200	≥ 196	≥ 196	196	3
	Parede com enchimento e sem revestimento	1	1	6	1	-	14	405	≥ 243	≥ 243	243	4
	Parede com enchimento e com revestimento	1	1	6	1	1,5	17	405	≥ 405	≥ 405	405	6

(*) Paredes com função estrutural, porém ensaiadas sem carregamento, com dimensões 2,8m de largura x 2,6m de altura, totalmente expostas ao fogo em uma face;
Fonte: ROSEMANN (2011).

No quadro 7 fica evidente o aumento significativo no tempo de resistência ao fogo da parede, com o uso de areia para enchimento dos vazios dos blocos e/ou com o uso de revestimento (reboco) sobre os blocos cerâmicos.

3 PAREDE DIVISÓRIA DE GESSO ACARTONADO

Neste capítulo é abordado o conceito de parede divisória construída com chapas de gesso acartonado no sistema de construção *drywall*, os componentes deste tipo de parede, o desempenho das vedações verticais internas e os cuidados no uso de paredes com chapas de gesso acartonado

3.1 O SISTEMA DE CONSTRUÇÃO *DRYWALL*

A Gypsum do Nordeste foi a primeira fábrica de vedações verticais em chapas de gesso acartonado instalada no Brasil, por volta de 1972, em Pernambuco (DE LUCCA, 1974).

Em meados dos anos 90, a Construtora Método Engenharia, para diminuir o tempo de construção de suas obras, importou chapas de gesso e os componentes para a construção de paredes divisórias em *drywall* da América do Norte, sendo um marco no uso deste sistema na construção civil brasileira (SOUZA, 1992).

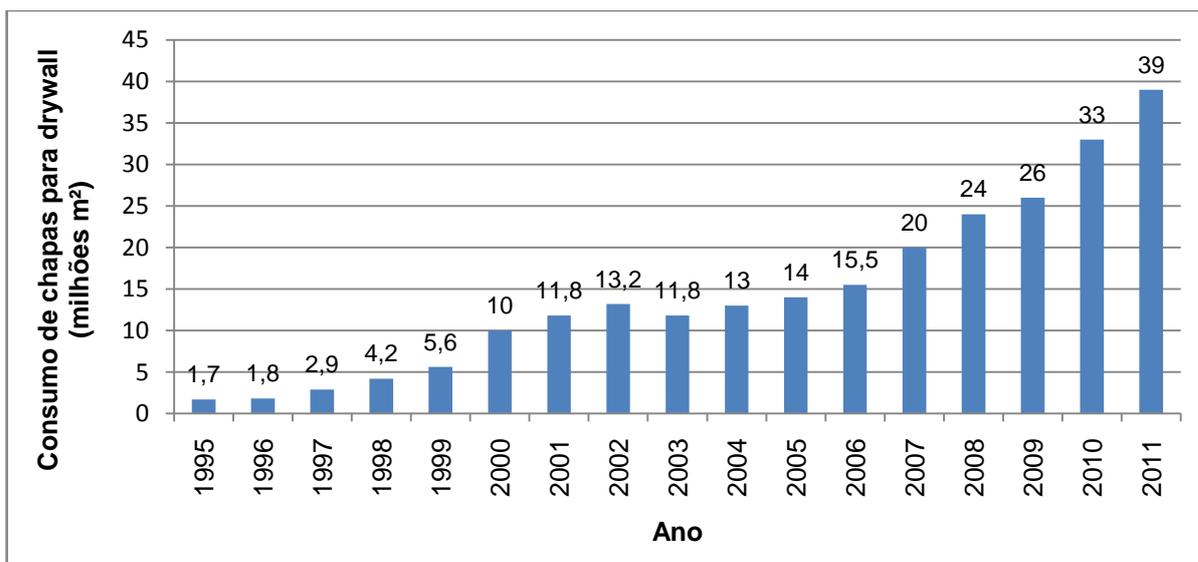
Em 1995, duas empresas estrangeiras entram no mercado brasileiro de chapas de gesso acartonado. Uma das empresas foi o grupo francês Lafarge, que comprou a Gypsum do Nordeste, atualmente usa a marca Gypsum Drywall; e a outra empresa foi a inglesa BPB, que constituiu a Placo do Brasil (CORBIOLI, 1996).

Em 1997, o grupo alemão Knauf se instala no Brasil, criando a empresa Knauf do Brasil, produzindo chapas de gesso acartonado e componentes para a montagem de paredes divisórias em gesso acartonado (SABBATINI, 1998).

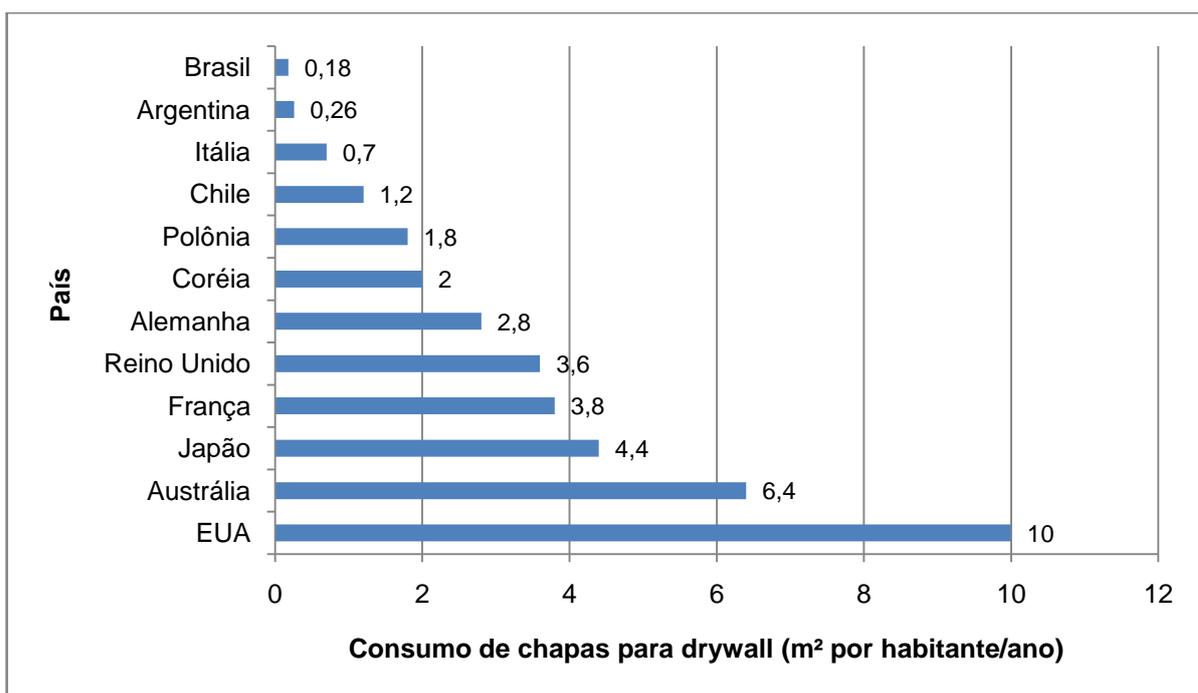
O sistema construtivo de paredes em chapas de gesso para *drywall* ou também conhecido como sistema *drywall* para paredes, é definido como:

Conjunto de componentes formado por chapas de gesso para *drywall*, estrutura de perfis de aço, acessórios de fixação e insumos, destinados a atender determinadas funções de compartimentação, as quais definem e limitam verticalmente os ambientes internos dos edifícios controlando o fluxo de agentes solicitantes, cumprindo as exigências dos usuários (ABNT NBR 15758-1, 2009).

Segundo a ABFCD (2011), o gráfico 1 demonstra a evolução do consumo de chapas para *drywall* no Brasil, no período e 1995 até 2011; e o gráfico 2 mostra o consumo de chapas para *drywall* entre alguns países no mundo.

Gráfico 1 – Evolução anual do consumo de chapas para *drywall* no Brasil

Fonte: ABFCD (2011).

Gráfico 2 – Consumo mundial de chapas para *drywall*

Fonte: ABFCD (2011).

Conforme o gráfico 1, do ano de 2005 para 2011, a produção de chapas de gesso acartonado para *drywall* no Brasil, teve um aumento no consumo de 178,57% (ABFCD, 2011).

3.1.1 Conceito de parede divisória em gesso acartonado

A norma inglesa BS 6100 (BSI, 1992) define o termo parede como sendo uma construção vertical que limita um espaço, e que pode ter ou não função estrutural. Já o termo divisória, esta mesma norma, define como sendo uma parede usada apenas em ambientes internos e sem função estrutural.

Segundo Elder e Vandenberg (1977) as vedações verticais internas são aquelas construídas por elementos que subdividem o volume interno do edifício, compartimentando-o em outros ambientes.

As divisórias internas modulares leves são definidas como sendo:

[...] elemento construtivo que separa os espaços internos de uma edificação, compartimentando e ou definindo ambientes, estendendo-se do piso ao forro ou teto, sendo construído por painéis modulares e seus componentes, com massa não superior a 60 kg/m² (ABNT NBR 11685, 1990).

O *Drywall* é um sistema de construção a seco (não utiliza água) onde os elementos de fechamento têm a função de compartimentar e fechar ambientes da edificação, podendo ser composto por painéis de madeira compensada ou chapas de gesso acartonado (STEIN, 1980).

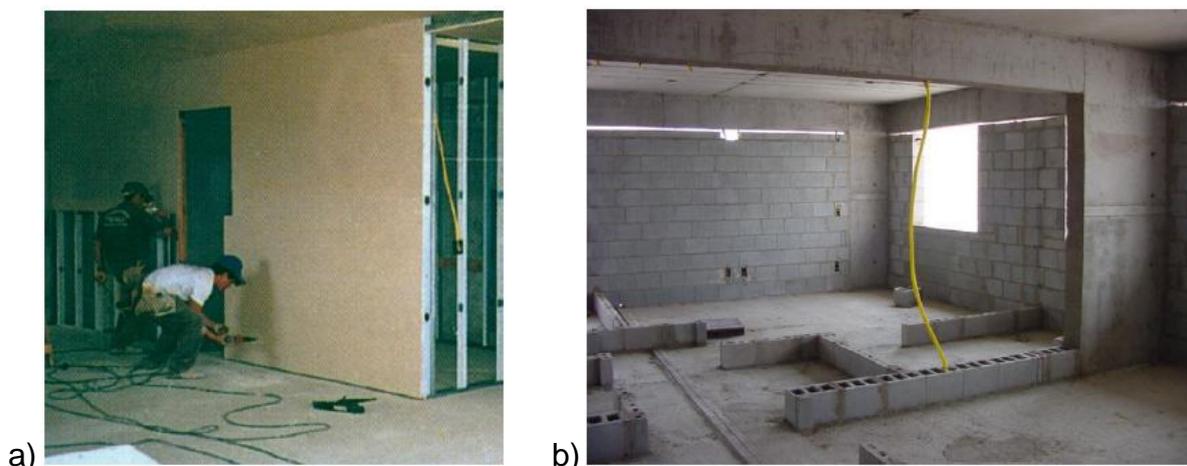
As paredes divisórias em gesso acartonado são consideradas vedações auto portante, pois é uma vedação empregada apenas com a função de subdividir ambientes, aja vista que seus componentes não têm resistência mecânica para suportar cargas de elementos estruturais da edificação (SABBATINI et al., 1988).

As paredes divisórias em gesso acartonado são consideradas também como vedações desmontáveis, pois podem ser desmontadas e removidas, e como seus componentes sofrem pouca degradação, é possível reaproveitar as chapas de gesso e os perfis metálicos (ELDER; VANDERBERG, 1977)

Sabbatini (1998) define as paredes divisórias de gesso acartonado como sendo um tipo de parede usada para dividir e separar ambientes internos da edificação, sendo leve e desmontável, é montada por acoplamento mecânico e constituída por uma estrutura de perfis metálicos ou de madeira com fechamento de chapas de gesso acartonado.

A figura 4 ilustra uma parede divisória construída em chapas de gesso acartonado e outra parede divisória em alvenaria com blocos de concreto.

Figura 4 – Paredes divisórias: a) em chapa de gesso acartonado; b) em alvenaria com blocos de concreto



Fonte: Holanda (2003).

O sistema, quando usado como parede divisória, é composto por painéis, com uma ou mais camadas de chapas de gesso acartonado, fixados aos perfis por prego ou parafuso. O espaçamento entre as chapas cria um vão que pode receber material para proteção térmica e acústica, e inclusive instalações elétricas e hidráulicas (HOLANDA, 2003).

3.1.2 Vantagens das paredes divisórias de gesso acartonado

As vantagens do emprego das paredes divisórias de gesso acartonado, quando comparado com o sistema de construção de paredes em alvenaria, segundo informação dos fabricantes de chapas de gesso nacionais Placo do Brasil (2012), Gypsum Drywall (2012) e Knauf do Brasil (2011) são:

- a) processo de construção industrializado;
- b) redução do material transportado na obra;
- c) maior velocidade de montagem e menor desperdício de materiais;
- d) permite a construção a seco, sem o uso de água;
- e) flexibilidade nos *layouts* de ambientes;
- f) economia com mão de obra e redução dos custos;
- g) menor espessura de parede, proporcionando ganho de área útil;
- h) redução de peso, tornando a construção mais leve;
- i) redução do tempo de execução da obra;

- j) facilidade de manutenção das instalações;
- k) melhor desempenho acústico;
- l) permite reformas rápidas, com movimentação de pequenos volumes de materiais e mão de obra.

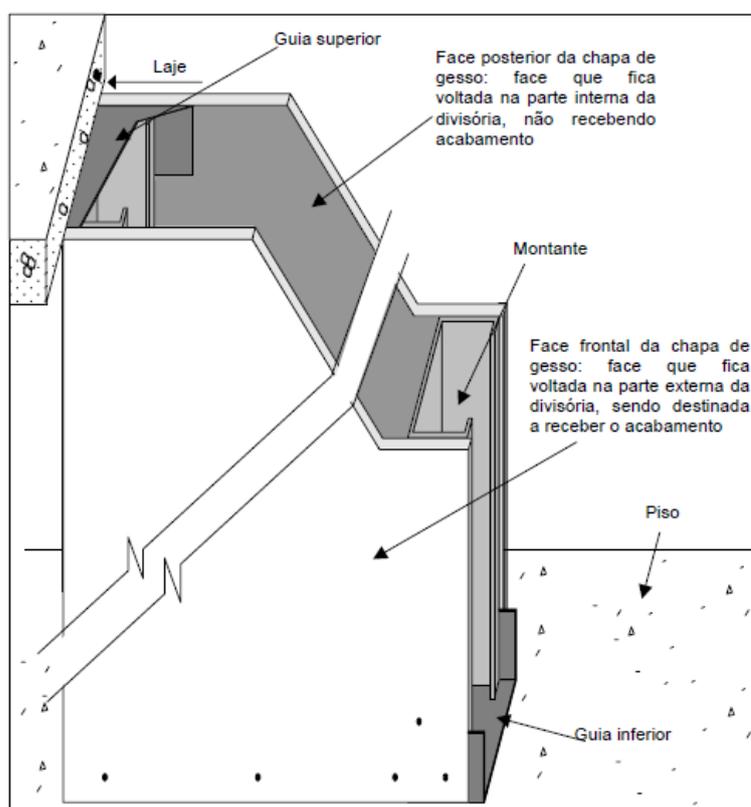
3.2 COMPONENTES DAS PAREDES DE GESSO ACARTONADO

Os componentes empregados na montagem da parede divisória de gesso acartonado, segundo Taniguti (1999), são:

- a) chapas de gesso acartonado;
- b) elementos estruturais;
- c) elementos para fixação;
- d) materiais para tratamento das juntas;
- e) materiais para isolamento térmico e acústico da parede.

A figura 5 ilustra os elementos de uma parede divisória com guias, montantes e com fechamento em chapas de gesso acartonado.

Figura 5 – Componentes da parede com chapas de gesso



Fonte: Taniguti (1999).

A ABNT NBR 15758-1 (2009) prevê como elementos estruturais da parede divisória com chapas de gesso para *drywall*, apenas perfis metálicos.

3.2.1 Chapas de gesso acartonado

A chapa de gesso acartonado é o componente usado para o fechamento da parede, sendo um “sanduíche” composto na parte central por uma mistura de gesso, água e aditivos entre 2 camadas de papel cartão (ABNT NBR 14715, 2001).

O quadro 8 apresenta os 3 tipos de chapas de gesso acartonado comercializadas no Brasil, conforme a ABNT NBR 14715 (2001), que estão ilustrados na figura 6.

Quadro 8 – Tipos de chapas de gesso acartonado

Tipo de chapa	Código	Cor da chapa	Aplicação
Standard	ST	Branca	Paredes, revestimentos e forros em áreas secas.
Resistente à umidade	RU	Verde	Paredes, revestimentos e forros em áreas sujeitas à umidade por tempo limitado (de forma intermitente).
Resistente ao fogo	RF	Rosa	Paredes, revestimentos e forros em áreas secas, com chapas especialmente resistentes ao fogo.

Fonte: ABNT NBR 14715 (2010); ABFCD (2012).

Figura 6 – Placas de gesso acartonado



Fonte: Knauf do Brasil (2007).

Em outros países, além dos 3 tipos de placas de gesso acartonado existentes no Brasil, também são comercializadas chapas de gesso tipo: resistentes ao vapor d'água, resistentes ao impacto e placas flexíveis (TANIGUTI, 1999).

3.2.1.1 Chapa *standard*

As chapas de uso comum ou *standard* (ST) não devem ser usadas em ambientes com temperatura acima de 50 °C e/ou com umidade relativa permanente superior a 90%, uma vez que nestas condições, as características das chapas podem se alterar (KNAUF DO BRASIL, 2007).

O Quadro 9 apresenta as dimensões das chapas de gesso acartonado tipo *standard* fabricadas no Brasil.

Quadro 9 – Dimensões das chapas de gesso acartonado *standard*

Código	Fabricante	Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Densidade superficial (kg/m ²)
ST	Knauf do Brasil	9,5	600/1200	1800 a 3600	Não informado
		12,5	1200	1800 a 3600	
		15	1200	1800 a 3600	
	Gypsum Drywall	6,4	1200	2400	5,5
		9,5	1200	2400	8
		12,5	1200	1800 a 3000	8,5
		15	1200	1800 a 3000	10,6
	Placo do Brasil	9,5	618 e 1200	618 / 1243 / 2400	7,3 e 7,5
		12,5	600/1200	1800 / 2000 / 2400	8,35 e 8,5
		15	1200	1800 / 2400	11,5

Fonte: Knauf do Brasil (2007); Gypsum Drywall (2012); Placo do Brasil (2012).

As chapas de gesso ST são as mais utilizadas em paredes divisórias no sistema de construção em *drywall*.

3.2.1.2 Chapa resistente à umidade

As chapas de gesso resistentes à umidade (RU) apresentam na composição da massa de gesso, silicone, e têm as duas superfícies da placa cobertas por um cartão com hidrofugante (KNAUF DO BRASIL, 2007).

O Quadro 10 apresenta as dimensões das placas de gesso acartonado resistentes à umidade, fabricadas no Brasil.

Quadro 10 – Dimensões das chapas de gesso acartonado resistente à umidade

Código	Fabricante	Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Densidade superficial (kg/m ²)
RU	Knauf do Brasil	12,5	1200	1800 a 3600	Não informado
	Gypsum Drywall	12,5	1200	1800 a 3000	9
		15	1200	1800 a 3000	10,6
	Placo do Brasil	12,5	1200	2400	8,6
		15	1200	2400	11,8

Fonte: Knauf do Brasil (2007); Gypsum Drywall (2012); Placo do Brasil (2012).

Este tipo de chapa, não deve ser utilizado em ambientes com exposição constante à água ou ao vapor d'água, pois pode alterar as características da chapa. Nestes tipos de ambientes, como *box* de banheiro e fachadas de edificações, deve-se utilizar placas cimentícias ou chapas de gesso resistentes ao vapor d'água (não confundir com a chapa resistente à umidade) (KNAUF DO BRASIL, 2007).

3.2.1.3 Chapa resistente ao fogo

A chapa de gesso acartonado resistente ao fogo (RF) contém fibras (vermiculitas e fibras de vidro) não combustíveis na massa do gesso, que ajudam a manter a integridade da chapa no fogo, e proporciona uma camada de gesso com uma dureza maior (NATIONAL GYPSUM, 2008).

O Quadro 11 apresenta as dimensões das placas de gesso acartonado resistentes ao fogo, fabricadas no Brasil.

Quadro 11 – Dimensões das chapas de gesso acartonado Resistente ao Fogo

Código	Fabricante	Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Densidade superficial (kg/m ²)
RF	Knauf do Brasil	12,5	1200	1800 a 3600	Não informado
		15	1200	1800 a 3600	
	Gypsum Drywall	12,5	1200	2400	9,75
		15	1200	2400	11,30
	Placo do Brasil	12,5	1200	2400	9,35
		15	1200	2400	11,76

Fonte: Knauf do Brasil (2007); Gypsum Drywall (2012); Placo do Brasil (2012).

A chapa de gesso acartonado, quando submetidas à alta temperatura, libera a água de hidratação da massa do gesso, na forma de vapor d'água, retardando a transmissão de calor através da chapa. Porém esta perda de água causa uma retração na chapa de gesso, provocando fissuras, que podem permitir a passagem de calor e fogo pela chapa. Para minimizar este problema que ocorre na chapa *standard* foi desenvolvida a chapa de gesso resistente ao fogo (*NATIONAL GYPSUM*, 2008).

3.2.2 Elementos estruturais

As placas de gesso acartonado são fixadas sobre os elementos estruturais da própria parede divisória de gesso acartonado. Estes elementos estruturais podem ser de madeira ou de perfis metálicos (TANIGUTI, 1999).

No Brasil, os elementos estruturais de madeira, geralmente, são empregados como reforço para fixação de batentes, instalações hidráulicas e fixação de objetos com peso superior a 30 kg. Os componentes de madeira são empregados para fixação de chapas de gesso em países da América do Norte e da Europa (TANIGUTI, 1999).

Segundo Taniguti (1999), alguns cuidados devem ser tomados no uso de elementos estruturais de madeira:

- a) tratar a madeira contra o apodrecimento e a ação de insetos;
- b) as peças de madeira devem ser planas;
- c) controlar a umidade relativa do ambiente, através de ventilação adequada, antes, durante e após a execução da divisória;
- d) a madeira deve estar completamente seca antes de sua utilização.

Quando são utilizados elementos estruturais de madeira, deve-se observar o teor de umidade da madeira e do ambiente, pois a madeira ao secar, retrai-se e sofre deformações, que danificam as chapas de gesso, que não possuem a mesma capacidade de deformação da madeira (FERGUSON, 1996).

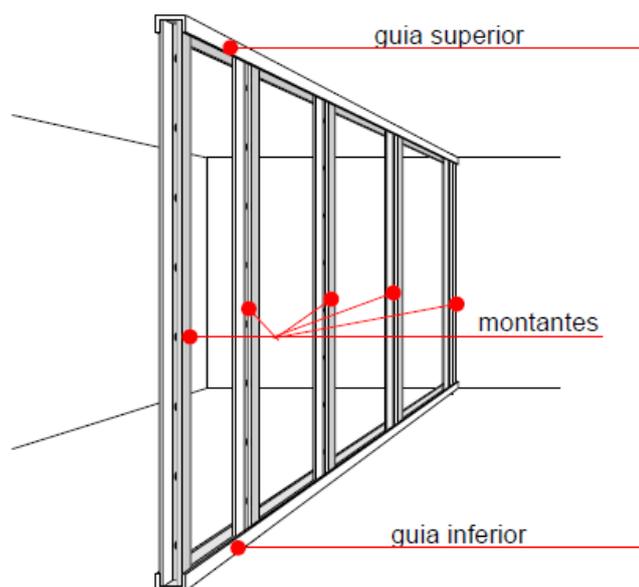
Para a montagem da estrutura da divisória, normalmente, são usados perfis de aço galvanizado, que apresentam algumas vantagens em relação aos elementos de madeira, tais como:

- a) menor variação de suas dimensões;
- b) peso reduzido;

- c) não sofrem ataque de insetos ou de agentes biológicos;
- d) não são combustíveis (TANIGUTI, 1999).

Os perfis metálicos são basicamente guias e montantes, sendo que a guia (elemento na horizontal) tem a finalidade de fixar a parede divisória no teto e no piso; já o montante (elemento na vertical), tem a função de suportar as placas de gesso acartonado, conforme ilustra a figura 7 (TANIGUTI, 1999).

Figura 7 – Montantes e guias de parede



Fonte: Taniguti (1999).

Os perfis metálicos para paredes divisórias de gesso acartonado são produzidos em conformidade com a ABNT NBR 15217 (2009) – Perfis de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* – Requisitos e métodos de ensaio. Esta norma prevê que os perfis metálicos são em aço galvanizado, com espessura da chapa de 0,50 mm.

A Gypsum Drywall (2012b) recomenda que as emendas dos montantes não devam ser alinhadas, para aumentar a estabilidade estrutural da parede; no entanto, sem esquecer-se de fazer o alinhamento das furações dos montantes, facilitando a passagem de tubulações internas na parede.

A figura 8 apresenta as especificações dos perfis metálicos tipo guia e montante, usados para montagem das paredes divisórias em gesso.

Figura 8 – Perfis metálicos tipo guia e montante

Tipo de perfil	Desenho	Código	Dimensões nominais (mm)	Utilização
Guia (formato de 'U')		G 48	48/28	Paredes, forros e revestimentos
		G 70	70/28	
		G 90	90/28	
Tipo de perfil	Desenho	Código	Dimensões nominais (mm)	Utilização
Montante (formato de 'C')		M 48	48/35	Paredes, forros e revestimentos
		M 70	70/35	
		M 90	90/35	

Fonte: ABFCD (2012).

Conforme o manual de projeto de sistemas *drywall* – paredes, forros e revestimentos da ABFCD (2012), os tipos de perfis metálicos usados na estrutura das paredes divisórias de gesso acartonado são: guia, montante, canaleta, canaleta ômega, cantoneira, cantoneira de reforço, tabica metálica, longarina e travessa.

3.2.3 Elementos para fixação

Para a fixação das chapas de gesso sobre a estrutura, pode ser utilizado prego ou parafuso. O prego é usado para fixação da placa sobre a estrutura de madeira. Já o parafuso pode ser empregado tanto para fixar a chapa de gesso sobre a estrutura de madeira ou como sobre a estrutura metálica. Devem-se usar pregos e parafusos específicos para a montagem das paredes divisórias de gesso acartonado, adequados a cada tipo de situação (TANIGUTI, 1999).

O uso de parafusos é mais vantajoso que o de pregos, devido a sua maior velocidade de utilização e redução dos danos provocados nas chapas de gesso durante a etapa de fixação das chapas nas guias e montantes (FERGUSON, 1996).

A Placo do Brasil (2011) recomenda que o tamanho do parafuso, para perfil metálico, deve ser igual à espessura da chapa de gesso mais 10 mm; já para a fixação da chapa de gesso em elementos estruturais de madeira, o tamanho do parafuso deve ser igual à espessura da placa mais 20 mm.

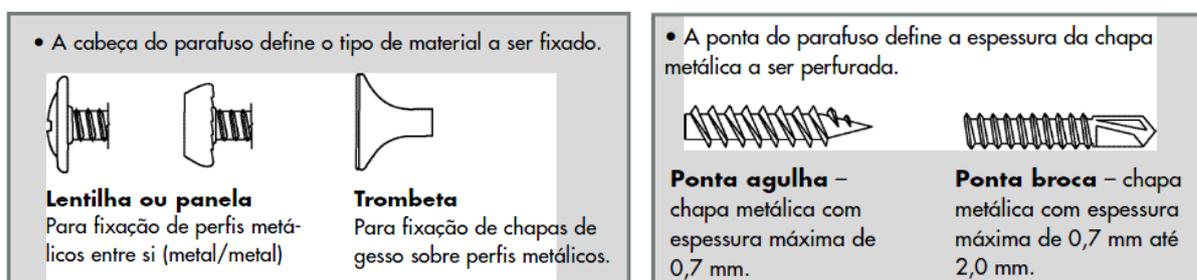
As figuras 9 e 10 apresentam os tipos e as aplicações de parafusos usados para fixação de chapas de gesso e de perfis metálicos.

Figura 9 – Tipos de parafusos para fixação



Fonte: Gypsum Drywall (2012a).

Figura 10 – Aplicação dos parafusos par fixação



Fonte: Knauf do Brasil (2007).

A Gypsum Drywall (2012b) recomenda que ao ser utilizado parafuso para fixação da chapa de gesso em perfil metálico, o tamanho do parafuso deve ser de 25 mm, para fixação de uma camada, ou de 45 mm, para a fixação de duas camadas de chapas de gesso.

3.2.4 Materiais para tratamento das juntas

Após a fixação das placas de gesso, é realizado o tratamento das juntas, com a finalidade de deixar a parede divisória como uma peça monolítica (única e sem elementos modulares), para após ser realizado o acabamento da parede (TANIGUTI, 1999).

As massas para tratamento das juntas podem ser à base de pó de gesso com aditivos, para ser misturado com água na obra; ou massas prontas à base de resina vinílica (GYPSUM DRYWALL, 2012b).

As fitas de papel micro-perfurado para juntas são usadas para reforçar as juntas da emenda de chapas e os cantos. A micro-perfuração da fita de papel tem a

finalidade de aumentar a aderência da fita na massa. Estas fitas possuem largura de 50 mm em rolos de diferentes tamanhos (KNAUF DO BRASIL, 2007).

O quadro 12 apresenta os materiais utilizados para o tratamento de juntas entre chapas de gesso:

Quadro 12 – Materiais para o tratamento de juntas

Tipo de material	Descrição
Massa de rejunte em pó	Massa para tratamento de juntas, em pó para ser misturada com água na obra. Usada ainda para acerto de imperfeições e acabamento superficial.
Massa de rejunte pronta para o uso	Massa para o tratamento de juntas, pronta para o uso. Também usada para preenchimento de irregularidades e acabamento superficial.
Massa de colagem	Fixação das chapas de gesso diretamente sobre os suportes verticais de alvenaria e estrutura de concreto, e para pequenos reparos nas chapas. Deve ser misturada com água para sua aplicação.
Fita para juntas	Fita de papel especial micro-perfurado, para o tratamento de juntas em paredes, tetos e revestimentos.
Fita para cantos	Fita de papel com dois feixes metálicos para reforços de cantos de parede e colunas.
Cantoneira perfurada	Cantoneira de aço galvanizado, para proteção de cantos externos de 90°.

Fonte: Knauf do Brasil (2011); Gypsum Drywall (2012); Placo do Brasil (2012).

A Gypsum Drywall (2012b) recomenda alguns cuidados no tratamento das juntas entre chapas:

a) nas emendas das chapas de gesso acartonado, as juntas devem ser desalinhadas:

- nas emendas de chapas, da mesma face;
- nas emendas de chapas, em faces opostas da parede;
- na sobreposição de chapas, na mesma face da divisória;

b) nos ângulos internos, decorrentes do encontro entre paredes, usar fita vincada ou fita de papel com cintas metálicas;

c) nos cantos ou ângulos externos, deve-se usar fita de papel com cintas metálicas ou cantoneiras metálicas de reforço, combinadas com massa de rejunte;

d) nas paredes com chapa dupla de gesso, deve-se aplicar pelo menos uma camada de massa de rejunte nas juntas de emenda da primeira camada interna de chapa de gesso, em cada lado da parede;

- e) nas paredes com chapa única nas faces ou na camada externa (quando chapa dupla) em cada lado da parede, deve-se aplicar três camadas de massa para rejunte de juntas com a interposição de fita de papel especial micro-perfurado;
- f) antes da aplicação da massa de rejunte, fazer a aplicação de selante nas juntas de canto entre a chapa de gesso e o teto, e entre a chapa de gesso e o piso;
- g) fazer a selagem das aberturas, para instalações, nas chapas de gesso, para evitar a propagação de fogo, fumaça, poeira e água.

3.2.5 Materiais para isolamento térmico e acústico da parede

Para melhorar o isolamento térmico e acústico da parede divisória, pode-se usar material isolante (lã de rocha ou lã de vidro) no espaço vazio entre as chapas de gesso (GYPSUM DRYWALL, 2012b). As aberturas realizadas para passar tubulações, devem ser vedadas com selantes, a fim de impedir a passagem de fumaça, água, poeira e som.

Na literatura não foi encontrado resultado de ensaios de resistência do fogo de paredes, com a utilização de isolantes térmicos entre as chapas de gesso.

O quadro 13 apresenta um comparativo de desempenho entre a lã de vidro e a lã de rocha.

Quadro 13 – comparativo de desempenho entre a lã de vidro e a lã de rocha

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

Fonte: ISOVER SAINT-GOBAIN (1996).

Segundo a ABNT NBR 15758-1 (2009) a lã mineral deve ser colocada entre os montantes, uniformemente distribuída no interior da parede, evitando espaços vazios. A lã mineral pode ter espessura superior à largura dos montantes, assim, sendo comprida entre as chapas de gesso, ou se a espessura da lã mineral for inferior à largura dos montantes, deve-se utilizar dispositivo para sua sustentação.

3.3 DESEMPENHO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS

Os requisitos de desempenho de uma edificação são as condições qualitativas que o edifício e seus subsistemas devem atender, durante o uso da edificação (SOUZA, 1983). O objetivo dos requisitos de desempenho de uma edificação é satisfazer as necessidades dos usuários, proporcionando segurança, durabilidade e condições de habitação.

O sistema *drywall* de montagem das paredes divisórias em gesso acartonado, permite variar: a espessura da parede, o número de camadas das chapas de gesso, o tipo de chapa, o espaçamento entre os componentes estruturais da parede, preencher o espaço vazio da parede com isolante térmico e acústico; desta forma variando o desempenho da parede conforme a configuração utilizada (TANIGUTI, 2000).

Segundo Sabbatini et al. (1988), os requisitos de desempenho para as vedações verticais internas, referem-se à:

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

3.3.1 Isolamento térmico de vedações verticais internas

Para Akutsu (1988), o isolamento térmico, refere-se ao desempenho da edificação em atender as necessidades dos usuários no tocante ao conforto térmico dos ambientes. Sendo o conforto térmico um critério subjetivo para cada pessoa, pode-se dizer que o ambiente tem conforto térmico, quando a temperatura é agradável para as pessoas e sem variações bruscas.

3.3.2 Resistência ao fogo de paredes divisórias em gesso acartonado

As chapas de gesso acartonado possuem 20 % de água em sua composição química, e quando expostas ao fogo, eliminam esta água na forma de

vapor d'água, absorvendo uma grande quantidade do calor que atravessa a placa, assim, retardando a transmissão do calor (FPI, 1976).

Outros fatores, segundo a *Gypsum Association* (2012) que influenciam no desempenho ao fogo das paredes divisórias em gesso acartonado, são:

- a) espessuras da placa de gesso acartonado e da parede;
- b) espaçamento entre os montantes;
- c) preenchimento da parede com material isolante;
- d) número de chapas fixadas em cada face da parede;
- e) aspectos construtivos da parede, tais como: o tratamento das juntas, a fixação dos perfis metálicos e a fixação das chapas à estrutura suporte.

Os quadros 14, 15, 16, 17 e 18 apresentam as resistências ao fogo de paredes divisórias construídas com chapas de gesso acartonado, previstos respectivamente, na IT nº 08 do CBPMESP, nos Manuais de Especificação da Placo do Brasil, no Guia de Especificações da Gypsum Drywall, nos Manuais de Instalação da Knauf do Brasil e na ABNT NBR 15758-1.

Quadro 14 – Resistência ao fogo de paredes com chapas de gesso acartonado

Espessura total da parede (mm)	Montante de aço		Características das chapas de gesso			Resistência ao fogo (min)
	Largura (mm)	Espaçamento (mm)	Quantidade em cada face	Espessura (mm)	Tipo	
73	48	600	1	12,5	ST	30
95	70	600	1	12,5	ST	30
100	75	600	1	12,5	ST	30
115	90	600	1	12,5	ST	30
98	48	600	2	12,5	ST	60
120	70	600	2	12,5	ST	60
140	90	600	2	12,5	ST	60
98	48	600	2	12,5	RF	90
120	70	600	2	12,5	RF	90
140	70	600	2	12,5	RF	90
108	48	600	2	15	RF	120
130	70	600	2	15	RF	120
135	75	600	2	15	RF	120
150	90	600	2	15	RF	120

Fonte: IT nº 08 do CBPMESP (SÃO PAULO, 2011, p. 200).

Quadro 15 – Resistência ao fogo de paredes divisórias da Placo do Brasil

Espessura total da parede (mm)	Montantes de aço		Peso da parede (kg/m ²)	Chapas de gesso		Resistência ao fogo (min)	
	Largura (mm)	Espaçamento (mm)		Quantidade em cada face	Espessura (mm)	Chapa ST	Chapa RF
73	48	400 e 600	20	1	12,5	30	30
95	70	400 e 600	20	1	12,5	30	30
115	90	400 e 600	21 e 20	1	12,5	30	30
78	48	400 e 600	26	1	15	30	60
100	70	400 e 600	26	1	15	30	60
120	90	400 e 600	27 e 26	1	15	30	60
98	48	400 e 600	37 e 36	2	12,5	60	90
120	70	400 e 600	37 e 36	2	12,5	60	90
140	90	400 e 600	37	2	12,5	60	90
160	48 + 48	600	40	2	12,5	60	90
180	48 + 48	600	40	2	12,5	60	90
300	90 + 90	400 e 600	41 / 40	2	12,5	60	90
108	48	400 e 600	49	2	15	90	120
130	70	400 e 600	50 e 49	2	15	90	120
150	90	400 e 600	50 e 49	2	15	90	120
250	48 + 48	600	57	3	12,5	90	180
350	70 + 70	400	60	3	12,5	90	180

Fonte: Placo do Brasil (2004); Placo do Brasil (2012).

Quadro 16 – Resistência ao fogo de paredes divisórias da Gypsum Drywall

Espessura total da parede (mm)	Montante de aço		Peso da parede (kg/m ²)	Chapas de gesso		Resistência ao fogo (min)	
	Largura (mm)	Espaçamento (mm)		Quantidade em cada face	Espessura (mm)	Chapa ST	Chapa RF
73	48	400 e 600	20	1	12,5	30	30
95	70	400 e 600	20	1	12,5	30	30
115	90	400 e 600	20	1	12,5	30	30
78	48	400 e 600	50	1	15	30	60
100	70	400 e 600	50	1	15	30	60
120	90	400 e 600	50	1	15	30	60
98	48	400 e 600	40	2	12,5	60	90
120	70	400 e 600	40	2	12,5	60	90
140	90	400 e 600	40	2	12,5	60	90
108	48	400 e 600	60	2	15	90	120
130	70	400 e 600	60	2	15	90	120
150	90	400 e 600	60	2	15	90	120

Fonte: Gypsum Drywall (2012b).

Quadro 17 – Resistência ao fogo de paredes divisórias da Knauf do Brasil

Espessura total da parede (mm)	Montante de aço		Peso da parede (kg/m ²)	Chapas de gesso		Resistência ao fogo (min)	
	Largura (mm)	Espaçamento (mm)		Quantidade em cada face	Espessura (mm)	Chapa ST	Chapa RF
73	48	400 e 600	22	1	12,5	30	30
78	48	400 e 600	27	1	15	30	30
95	70	400 e 600	22	1	12,5	30	30
115	90	400 e 600	22	1	12,5	30	30
260	48 + 48	400 e 600	24	1	12,5	30	30
100	70	400 e 600	27	1	15	30	60
120	90	400 e 600	27	1	15	30	60
98	48	400 e 600	42	2	12,5	60	90
120	70	400 e 600	42	2	12,5	60	90
140	90	400 e 600	42	2	12,5	60	90
108	48	400 e 600	50	2	15	90	120
130	70	400 e 600	50	2	15	90	120
150	90	400 e 600	50	2	15	90	120
160	48 + 48	400 e 600	44	2	12,5	60	120
200	70 + 70	400 e 600	44	2	12,5	60	120
300	90 + 90	400 e 600	44	2	12,5	60	120

Fonte: Knauf do Brasil (2007); Knauf do Brasil (2011).

Quadro 18 – Desempenho ao fogo de paredes com chapas de gesso para *drywall*

Espessura total da parede (mm)	Montante de aço		Chapas de gesso		Resistência ao fogo (min)	
	Largura (mm)	Espaçamento (mm)	Quantidade em cada face	Espessura (mm)	Chapa ST ou RU	Chapa RF
73	48	400 e 600	1	12,5	30	30
95	70	400 e 600	1	12,5	30	30
115	90	400 e 600	1	12,5	30	30
78	48	400 e 600	1	15	30	60
100	70	400 e 600	1	15	30	60
120	90	400 e 600	1	15	30	60
98	48	400 e 600	2	12,5	60	90
120	70	400 e 600	2	12,5	60	90
140	90	400 e 600	2	12,5	60	90
108	48	400 e 600	2	15	90	120
130	70	400 e 600	2	15	90	120
150	90	400 e 600	2	15	90	120
160	48+48	400 e 600	2	12,5	60	120
200	70+70	400 e 600	2	12,5	60	120

Fonte: ABNT NBR 15758-1 (2009, p. 7).

Ao comparar os quadros 14, 15, 16, 17 e 18, as paredes com chapas de gesso acartonado, com as mesmas especificações (largura da parede, tipo, quantidade e espessura de chapas) possuem o desempenho ao fogo semelhante.

3.3.3 Desempenho estrutural

O desempenho estrutural está relacionado com a resistência mecânica do elemento construtivo, neste caso, da parede divisória de gesso acartonado, sendo a capacidade do elemento (parede) manter a sua integridade física, quando submetido às ações e aos esforços previstos em projeto (SABBATINI et al., 1988).

Os fatores que influenciam a resistência mecânica das paredes divisórias de chapas de gesso acartonado, segundo Taniguti (1999), são:

- a) características dos materiais da parede divisória;
- b) forma de fixação das guias e montantes da parede divisória;
- c) resistência de fixação das guias nos elementos construtivos da edificação (viga, laje, pilar, etc);
- d) espaçamento entre os montantes;
- e) fixação das placas de gesso nos montantes e guias;
- f) espaçamento dos parafusos de fixação das chapas de gesso.

Oliveira (1995) e Börtemark (1975) realizaram ensaios em paredes divisórias de gesso acartonado com a finalidade de avaliar a sua resistência mecânica, quando submetidas a carregamento vertical. Concluíram em suas pesquisas que o comportamento deste tipo de parede divisória é frágil, com o aparecimento de deformações e fissuras, chegando ao colapso da parede. Logo, deve-se considerar em projeto, as deformações e os esforços da própria estrutura da edificação (vigas, pilares e lajes) sobre as paredes divisórias em gesso acartonado.

Com relação à capacidade da parede divisória em gesso acartonado de suportar cargas suspensas, tais como pias, tanques, lavatórios, prateleiras, e outros objetos, os fabricantes de placas de gesso acartonado Gypsum Drywall (2012a), Knauf do Brasil (2011) e a Placo do Brasil (2012) recomendam o uso de reforços na estrutura interna da parede divisória, com madeira e/ou perfis de aço, para cargas superiores a 30 kg. Deve-se usar buchas e parafusos específicos e adequados a cada tipo de carga a ser pendurada na parede, inclusive para pequenas cargas.

3.4 CUIDADOS NO USO DE PAREDES DE GESSO ACARTONADO

3.4.1 Procedimentos de montagem das paredes divisórias

A montagem de paredes divisórias de gesso acartonado, no sistema *drywall*, exige especial atenção aos detalhes de instalação, devendo-se seguir as instruções de montagem, especificadas pelo fabricante da placa de gesso acartonado utilizada na obra, e as especificações da ABNT NBR 15758-1 (2009).

Conforme os manuais e catálogos de instalação da Placo do Brasil (2012), Gypsum Drywall (2012a) e Knauf do Brasil (2011), as etapas na montagem das paredes divisórias de gesso acartonado, são:

- 1ª) Marcação e fixação das guias no piso e no teto;
- 2ª) Colocação dos montantes nas guias;
- 3ª) Fechamento da primeira face da parede com chapas de gesso;
- 4ª) Colocação das instalações elétricas, hidráulicas, isolante térmico acústico, e reforços na estrutura para sustentação de peso (objetos e prateleiras);
- 5ª) Fechamento da segunda face da parede com chapas de gesso;
- 6ª) Tratamento das juntas e acabamento (pintura, revestimentos).

A figura 11 ilustra a sequência de montagem, conforme parágrafo anterior, de uma parede divisória em gesso acartonado com perfis metálicos, com a instalação de isolante térmico e acústico.

Figura 11 – Sequência de montagem de paredes divisórias em gesso acartonado

	
<p>1º) Marcação e fixação das guias no piso e no teto</p>	<p>2º) Colocação dos montantes nas guias</p>
	
<p>3º) Fechamento da primeira face da parede com chapas de gesso</p>	<p>4º) Colocação das instalações elétricas, hidráulicas, isolante térmico acústico e reforço</p>
	
<p>5º) Fechamento da segunda face da parede com chapas de gesso</p>	<p>6º) Tratamento das juntas e acabamento (pintura, revestimentos)</p>

Fonte: Knauf do Brasil (2011).

As etapas de montagem das paredes com chapas de gesso acartonado, previstas nos manuais e catálogos de instalação dos fabricantes de chapas, seguem as especificações definidas na ABNT NBR 15758-1 de 2009.

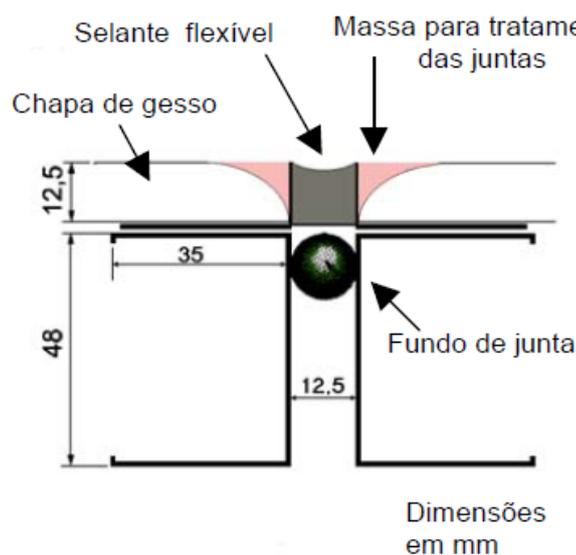
Esse tipo de parede pode ter o seu desempenho comprometido, quando não são observados os detalhes de execução, durante a montagem dos componentes da parede.

3.4.2 Juntas de movimentação

As paredes divisórias de gesso acartonado numa edificação estão sujeitas as movimentações térmicas (dilatação) e higroscópicas, além de estarem sujeitas as tensões decorrentes das deformações da própria estrutura da edificação (vigas, pilares e lajes) sobre a parede. Para reduzir os efeitos das tensões ocasionadas pelas movimentações, é necessário prever juntas de controle nas paredes divisórias (KUTCHER, 2012).

A figura 12 ilustra um exemplo de uma junta de dilatação em parede divisória com chapa de gesso.

Figura 12 – Detalhe da junta de movimentação



Fonte: Mitidieri Filho (1997).

Mitidieri Filho (1997) e a ABNT NBR 15758-1 (2009) recomendam a utilização de juntas a cada 50 m², para divisórias com chapa única em cada face, e de 70 m² para divisórias com chapa dupla em cada face, em ambos os casos a distância máxima entre as juntas deve ser de 15 metros lineares.

3.4.3 Limitações no emprego de paredes de gesso acartonado

A ABNT NBR 15758-1 (2009) recomenda que na execução das juntas deve-se:

- a) manter as juntas desencontradas em relação às da outra face;

b) no caso de chapas duplas, as juntas da segunda camada devem ser defasadas da primeira; e

c) as juntas horizontais devem ser desencontradas.

O manual de projeto de sistemas *drywall* – paredes, forros e revestimentos da Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall (2012) apresenta algumas recomendações e limitações de uso para o sistema *drywall*: paredes, forros e revestimentos executados com chapas de gesso:

a) os sistemas *drywall* devem sempre ser usados em áreas internas e não sujeitas a intempéries.

b) não usar o *drywall* em áreas externas das edificações (como fachadas), nem com chapas de gesso resistentes à umidade;

c) os sistemas *drywall* não possuem função estrutural, e seu uso deve limitar-se à função de vedação ou compartimentação de ambientes;

d) não utilizar os sistemas *drywall* em locais com umidade elevada e contínua, tais como saunas ou piscinas aquecidas e cobertas;

e) usar apenas os componentes recomendados pelos fabricantes de chapas de gesso;

f) seguir as especificações do manual de montagem da ABFCD ou as especificações do fabricante das chapas de gesso.

4 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo é realizado o estudo experimental do desempenho ao fogo de paredes divisórias, montadas com chapas de gesso acartonado, simulando o incêndio real, envolvendo a apresentação dos materiais e métodos utilizados, dos resultados obtidos e a análise dos resultados dos ensaios para a determinação do tempo de resistência ao fogo das paredes divisórias.

4.1 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1.1 Materiais

Os materiais usados para a construção das amostras de paredes divisórias, submetidas aos ensaios foram:

- a) chapas de gesso acartonado *standard*, com espessura de 12,5 mm, largura da chapa de 120 cm e comprimento de 240 cm;
- b) chapas de gesso acartonado resistente ao fogo, com espessura de 12,5 mm, largura da chapa de 120 cm e comprimento de 240 cm;
- c) perfil de aço galvanizado tipo guia, em formato de “U”, com dimensões de 70/28 mm e espessura de 0,5 mm;
- d) perfil de aço galvanizado tipo montante, em formato de “C”, com dimensões de 70/35 mm e espessura de 0,5 mm;
- e) parafusos para fixação das chapas de gesso, tipo cabeça trombeta e ponta agulha, com comprimentos de 25 e 45 mm;
- f) parafusos para fixação dos perfis metálicos (guias e montantes), tipo cabeça lenticular e ponta agulha, com comprimentos superior a 9 mm;
- g) Fita de papel micro-perfurado, para o tratamento de juntas nas paredes, com largura de 50 mm;
- h) Massa de rejunte em pó, misturada com água na obra, para tratamento de juntas.
- i) Massa de rejunte, pronta para o uso, para o tratamento de juntas.

4.1.2 Amostras

No procedimento experimental foram realizados 4 ensaios, em 2 etapas.

Na primeira etapa, foram realizados 2 ensaios, ambos no dia 21 de agosto de 2012, no contêiner de aço, para instrução de combate a incêndio confinado, do 8º BBM na cidade de Tubarão.

Na segunda etapa, foram realizados mais 2 ensaios, sendo um no dia 19 e o outro no dia 20 de setembro de 2012, no laboratório para ensaios e instrução de combate a incêndio confinado, da 2ª/2º BBM na cidade de Joaçaba.

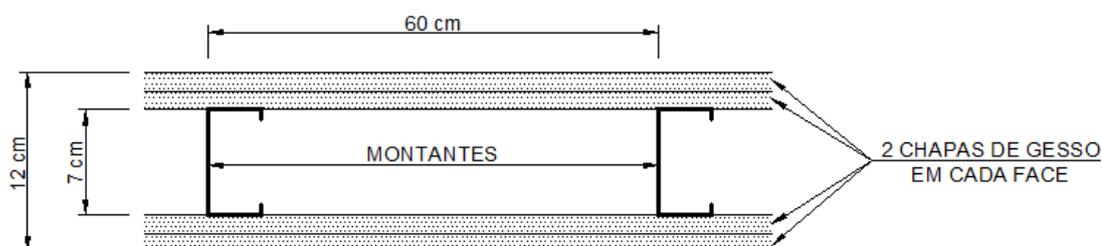
Todas as amostras de paredes divisórias foram montadas, com um espaçamento entre os montantes de aço galvanizado de 60 cm, com fechamento em chapas de gesso acartonado, na seguinte sequência:

- 1ª) marcação e fixação das guias no piso e no teto;
- 2ª) colocação dos montantes nas guias;
- 3ª) fechamento da primeira face da parede com chapas de gesso;
- 4ª) fechamento da segunda face da parede com chapas de gesso;
- 5ª) tratamento das juntas.

Nos ensaios realizados em Tubarão, foram montadas 2 paredes, ambas com largura de 240 cm por 240 cm de altura, com a seguinte configuração:

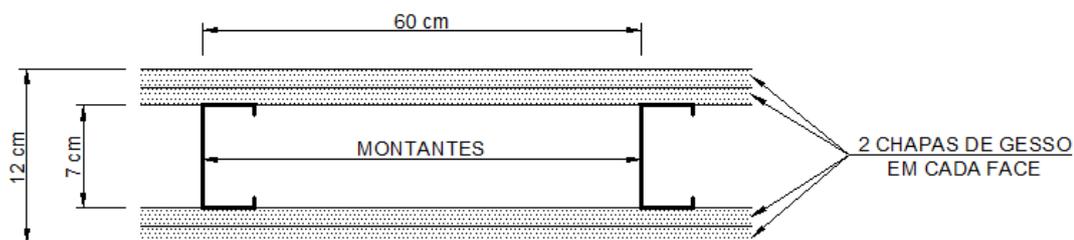
- a) uma parede com 2 chapas de gesso acartonado ST em cada face, conforme detalhe da figura 13;
- b) uma parede com 2 chapas de gesso acartonado RF em cada face, conforme detalhe da figura 14.

Figura 13 – Detalhe da parede com 2 chapas de gesso ST em cada face



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Figura 14 – Detalhe da parede com 2 chapas de gesso RF em cada face

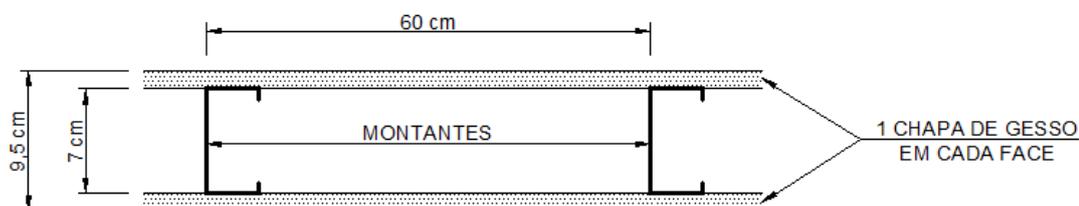


Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Nos ensaios realizados em Joaçaba, foram montadas 2 paredes, ambas com largura de 300 cm e altura de 255 cm, com a seguinte configuração:

- a) uma parede com 2 chapas de gesso acartonado RF em cada face, conforme detalhe da figura 14;
- b) uma parede com 1 chapa de gesso acartonado RF em cada face, conforme detalhe da figura 15.

Figura 15 – Detalhe da parede com 1 chapa de gesso RF em cada face



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Todos os materiais utilizados para a construção, das amostras de paredes divisórias, foram fornecidos e montados gratuitamente, pelo representante comercial do fabricante Placo do Brasil.

4.1.3 Disposição das paredes divisórias para o ensaio

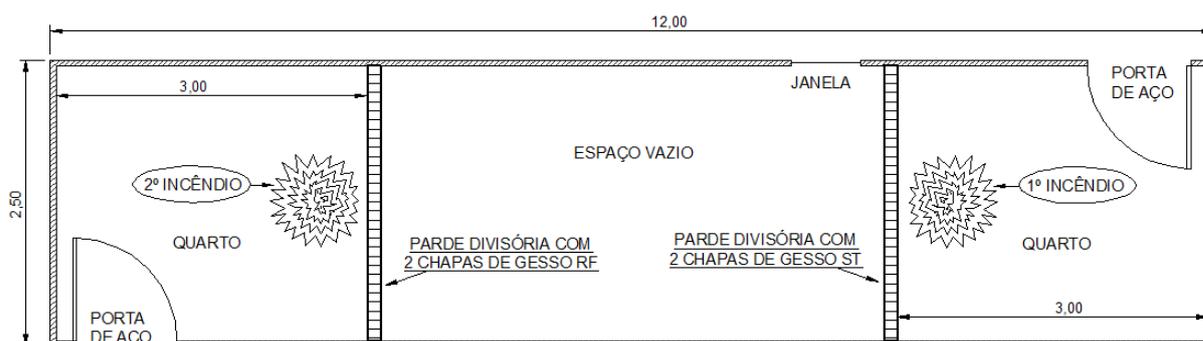
Para os ensaios realizados no dia 21/08/2012, no contêiner de aço do 8º BBM em Tubarão (ver figura 16), foi utilizada a disposição das paredes divisórias conforme ilustra a planta baixa do contêiner, na figura 17.

Figura 16 – Contêiner de aço do 8º BBM de Tubarão



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Figura 17 – Disposição das paredes divisórias em planta baixa do contêiner



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

A figura 18 mostra as paredes montadas no contêiner em Tubarão.

Figura 18 – Paredes montadas no contêiner: a) com 2 chapas de gesso RF; b) com 2 chapas de gesso ST



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

O laboratório da 2ª Cia BM de Joaçaba, no pavimento térreo, é uma casa com 3 cômodos e um corredor, construída em alvenaria de blocos de concreto celular autoclavado, conforme ilustra a figura 19.

Figura 19 – Laboratório da 2ª Cia BM de Joaçaba



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Os ensaios no laboratório de Joaçaba foram realizados em dois dias, pois as duas paredes ensaiadas foram montadas, no mesmo local dentro do laboratório.

A figura 20 mostra uma das paredes divisória montadas no laboratório de Joaçaba.

Figura 20 – Parede com 1 chapas de gesso RF no laboratório: a) detalhe da fixação da chapa de gesso RF no perfil metálico; b) parede pronta para o início do ensaio



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Para reproduzir um incêndio real em um ambiente confinado e compartimentado por paredes divisórias em gesso acartonado, foram utilizados como combustíveis, pneus de automóveis e madeira seca, sendo alimentado o incêndio constantemente com estes materiais, durante todo ensaio, a cada intervalo de 10 a 15 minutos, com a finalidade manter a temperatura sempre elevada.

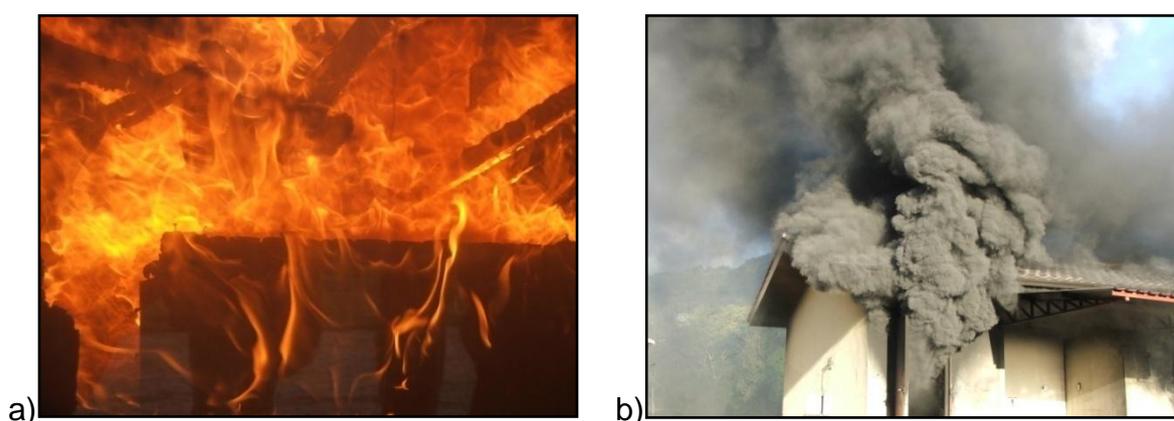
A figura 22 ilustra os incêndios durante os ensaios no contêiner; e a figura 23 mostra os incêndios durante os ensaios no laboratório.

Figura 22 – Incêndios no contêiner com: a) parede com 2 chapas de gesso RF; b) parede com 2 chapas de gesso ST



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Figura 23 – Incêndios no laboratório: a) dentro do quarto com parede com 2 chapas de gesso RF; b) controle da ventilação durante os ensaios na casa laboratório



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Com a finalidade de aumentar a temperatura do incêndio, durante os ensaios, através do fornecimento de oxigênio, foi realizada a ventilação controlada do ambiente pela abertura e fechamento da porta da casa laboratório.

4.1.5 Instrumentação dos ensaios

Para a instrumentação da temperatura dos ensaios realizados no contêiner de Tubarão, foi usado apenas um termômetro digital infravermelho, modelo Ultimax da marca Ircon (ver figura 24). Este termômetro digital permite a leitura de temperatura na superfície de objetos, a uma longa distância, bastando mirar no ponto da superfície e fazer a leitura.

Com o uso do termômetro digital infravermelho, foi possível medir a temperatura em diferentes pontos da face das paredes divisórias com chapas de gesso acartonado não expostas ao fogo, desta forma verificando o isolamento térmico da parede. Com este mesmo equipamento ainda foi possível medir a temperatura interna do ambiente, compartimentado pelas paredes divisórias, onde ocorreram os incêndios no contêiner.

Figura 24 – Termômetro digital infravermelho



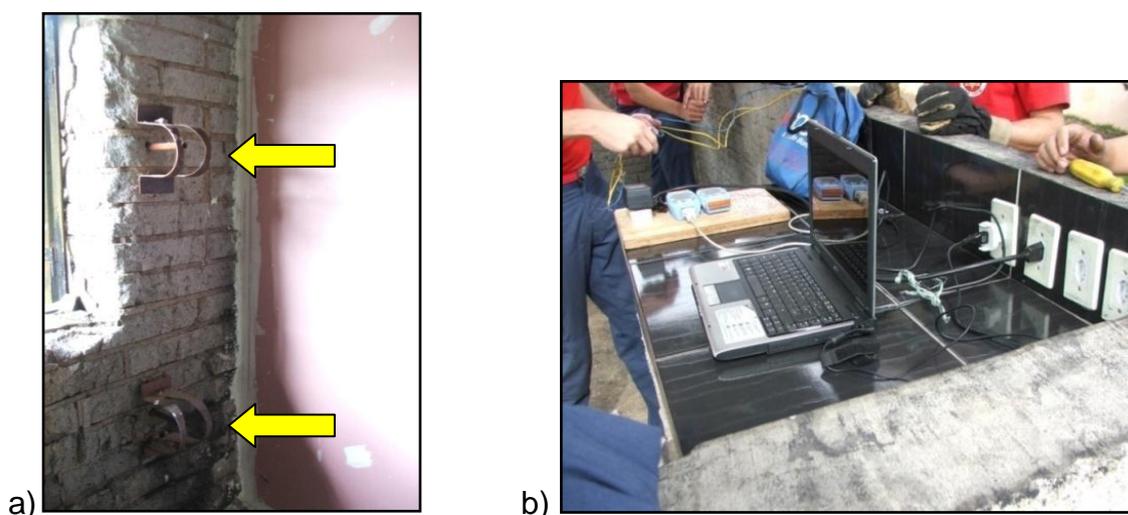
Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Para a instrumentação da temperatura dos ensaios realizados no laboratório de Joaçaba, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- a) um termômetro digital infravermelho, modelo Ultimax da marca Ircon (ver figura 24);
- b) 3 termopares tipo 'K' com cabos tipo 'KX' da marca Alutal, como sensor de temperaturas de 0 °C à 1260 °C, com erro de +/- 2,2 °C (ver figura 25);
- c) notebook com software Workgroup 3 Ver 4.1.0 para leitura das temperaturas nos termopares (ver figura 25).

Através do uso dos termopares no laboratório de Joaçaba, foi possível medir a temperatura a uma distância de 50 cm das paredes divisórias com chapas de gesso acartonado, em 3 diferentes alturas em relação ao piso: 50 cm, 150 cm e 250 cm. A figura 25 mostra a localização dos termopares em relação a parede divisória montada com chapas de gesso acartonado no laboratório de Joaçaba.

Figura 25 – Termopares: a) instalados próximo ao piso e no meio da parede do laboratório; b) notebook com interface para leitura das temperaturas dos termopares



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

O uso do software com os termopares permitiu a leitura das temperaturas no ambiente, em curtos intervalos de tempo.

4.1.6 Critérios adotados para a determinação da resistência ao fogo

Como o objetivo dos ensaios era verificar o desempenho, de paredes divisórias construídas com chapas de gesso acartonado, na condição de um incêndio real e determinar a resistência ao fogo das paredes, não se adotou a metodologia de ensaio padronizada na ANBT NBR 10636 (1989).

Para se implementar o método de ensaio da ANBT NBR 10636 (1989), é necessário desenvolver-se o incêndio padrão, o que só é possível com o uso de combustível gasoso e de forno especialmente preparado com esta finalidade.

A falta de um laboratório com forno e equipamentos adequados não permitiu fazer o ensaio padronizado na ANBT NBR 10636 (1989) para determinação da resistência ao fogo da parede divisória com chapas de gesso acartonado.

O principal critério adotado para determinar as resistências ao fogo das paredes divisórias, montadas com chapas de gesso acartonado, foi o isolamento térmico, através do monitoramento da temperatura na face não exposta ao fogo, da parede divisória.

O critério de isolamento térmico da parede foi considerado satisfatório, pois não ocorreu na face da parede não exposta ao fogo, aumento de temperatura média superior a 140 °C e aumento de temperatura em qualquer ponto superior a 180 °C.

Também foram monitorados os outros requisitos para a caracterização de uma parede corta-fogo, sendo: a estanqueidade e a integridade (estabilidade) das paredes divisórias.

A integridade das paredes divisórias foi verificada através da percepção visual de trincas, deformações excessivas ou colapso da parede.

A estanqueidade das paredes divisórias foi verificada através do aparecimento de trincas ou aberturas suficientes para permitir a passagem, da face exposta ao fogo para a face não exposta, de gases ou chamas.

Para a determinação do tempo característico de resistência ao fogo da parede divisória, após os resultados do ensaio (isolamento térmico, estanqueidade e integridade), foram adotados intervalos de 30 minutos.

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2.1 Parede com 2 chapas de gesso ST em cada face

Esta parede divisória foi ensaiada, durante 60 minutos, dentro do contêiner de Tubarão, sendo registrada uma temperatura máxima de 780 °C dentro do ambiente compartimentado.

Com até 45 minutos de incêndio, a temperatura não ultrapassou 140 °C em nenhum ponto da superfície da face não exposta ao fogo da chapa de gesso acartonado, porém, aos 45 minutos de ensaio começou a passar chamas no canto da parede divisória de gesso com a parede de aço do contêiner. Esta passagem de chamas no canto da parede divisória pode ser decorrente da dilatação térmica das paredes de aço do contêiner, pois foi observado no lado externo do contêiner, o estufamento (arredondamento) das suas paredes, com o fogo intenso.

Com 50 minutos de incêndio, a parede divisória rompeu a chapa de gesso, criando uma abertura de aproximadamente 20 x 40 cm próximo ao teto do contêiner. Esta abertura na parede divisória permitiu a passagem de chamas e fumaça, comprometendo desta forma a estanqueidade e a integridade da parede.

O quadro 19 apresenta a avaliação do tempo de resistência ao fogo desta parede divisória.

Quadro 19 – Resultado do ensaio da parede com 2 chapas de gesso ST

Características da parede					Resultados do ensaio			
Local do ensaio	Espessura total da parede (mm)	Largura do perfil de aço (mm)	Espaçamento do perfil de aço (mm)	Quantidade / tipo / espessura (mm) da chapa de gesso em cada face da parede	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (min)			Resistência ao fogo (min)
					Integridade	Estanqueidade	Isolação térmica	
Tubarão	120	70	600	2 / ST / 12,5	50	45	45	30

Fonte: Elaboração do autor, 2012.

A figura 26 demonstra o estado dos perfis metálicos desta parede divisória, após a conclusão do ensaio e retirada das chapas de gesso.

Figura 26 – Estado dos perfis metálicos após 60 min de ensaio



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

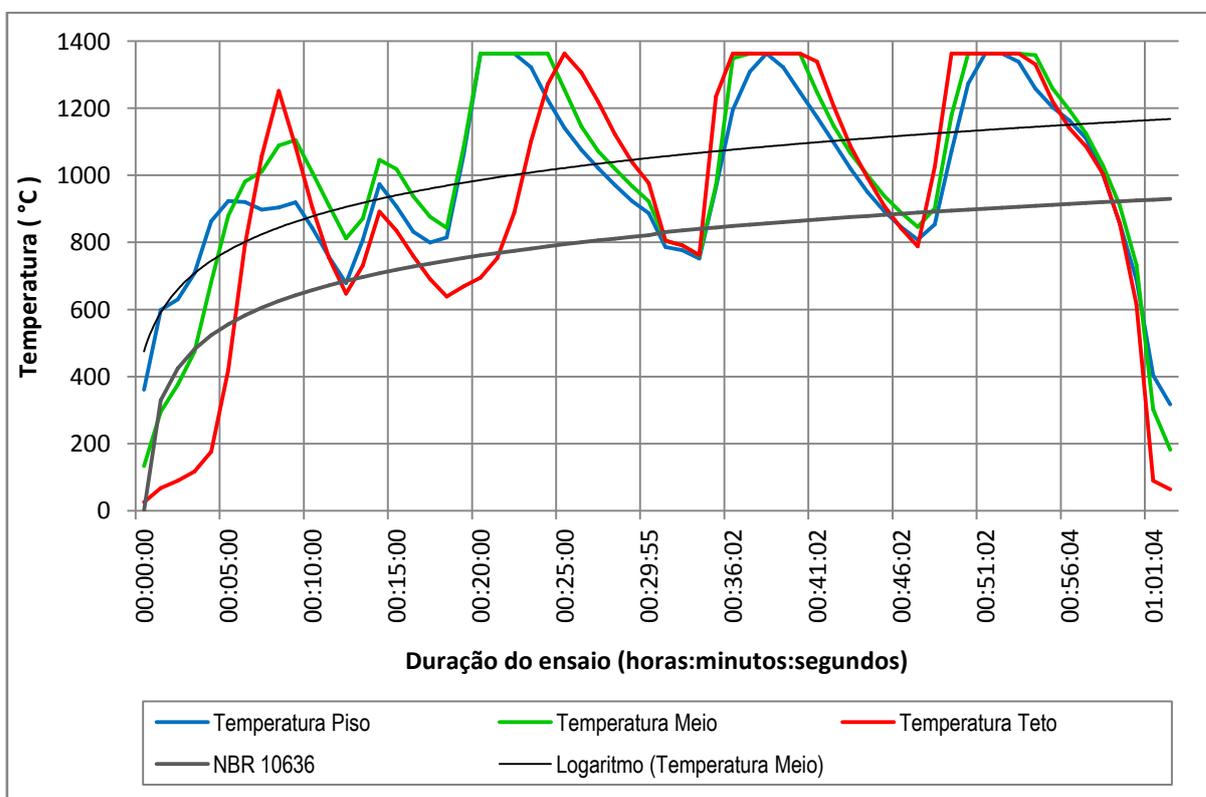
Os perfis metálicos (montantes e guias) ficaram completamente comprometidos pelo fogo.

4.2.2 Parede com 1 chapa de gesso RF em cada face

Essa parede divisória foi ensaiada, durante 60 minutos, dentro da casa laboratório de Joaçaba, sendo registrada uma temperatura máxima durante o ensaio, pelos termopares de 1.363,3 °C, dentro do ambiente compartimentado. A tabela 1 com as temperaturas registradas nos termopares, próximos à parede divisória está no apêndice 'A'.

A partir dos dados da tabela 1 (ver apêndice 'A') foi montado o gráfico 3, que mostra as curvas com a elevação de temperatura nos 3 termopares próximos à parede divisória com chapas de gesso RF. No gráfico a curva na cor azul é da temperatura registrada no termopar próximo ao piso do quarto (com 50 cm de altura), a curva na cor verde é da temperatura no termopar no meio da parede (a 150 cm do piso), e a curva na cor vermelha é da temperatura no termopar próximo ao teto do quarto (com altura de 250 cm); já a curva logarítmica na cor cinza é a curva do incêndio-padrão da ABNT NBR 10636 (1989).

Gráfico 3 – Elevação da temperatura durante incêndio na face exposta da parede com 1 chapa de gesso RF em Joaçaba



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Utilizando-se recursos do próprio aplicativo (Microsoft Excel), foi plotado no também no gráfico 3, uma curva logarítmica de tendência da temperatura, na cor preta, do termopar do meio da parede. Esta curva de tendência logarítmica é similar a curva de elevação da temperatura do incêndio-padrão da NBR 10636.

Nota-se no gráfico 3 que as temperaturas do incêndio real ficaram, na maior parte do tempo de duração do ensaio, acima das temperaturas do incêndio-padrão previsto na NBR 10636, indicando a severidade do incêndio real no ensaio a que foi submetida a parede divisória.

No gráfico 3, as temperaturas não ultrapassaram os 1.363,3 °C, em alguns pontos, aparecendo no gráfico como 3 patamares aos 20, 36 e 50 minutos de ensaio. Isto se deve a limite máximo de temperatura de operação dos termopares; logo, isto significa que a temperatura máxima do incêndio superou os 1.363,3 °C.

Com 45 minutos de ensaio foram registradas temperaturas, na face da parede divisória não exposta ao fogo, superior a 180 °C, nas juntas entre as chapas de gesso, próximo ao teto. Na superfície da chapa de gesso acartonado, propriamente dito, a temperatura não ultrapassou os 140 °C.

Também aos 45 minutos de ensaio começou a passar fumaça, pelas juntas entre as chapas da parede, no topo da parede, comprometendo a estanqueidade da parede divisória.

Em relação à integridade da parede divisória, esta se manteve íntegra até os 60 minutos de ensaio, onde então se abriu a junta vertical entre as chapas, permitindo a passagem de chama, conforme aparece na figura 27.

Figura 27 – Estado da face não exposta ao fogo da parede com 1 chapa de gesso RF com 60 minutos de incêndio: a) vista geral; b) detalhe da junta entre as chapas



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

O quadro 20 apresenta a avaliação do tempo de resistência ao fogo desta parede divisória.

Quadro 20 – Resultado do ensaio da parede com 1 chapa de gesso RF

Características da parede					Resultados do ensaio			
Local do ensaio	Espessura total da parede (mm)	Largura do perfil de aço (mm)	Espaçamento do perfil de aço (mm)	Quantidade / tipo / espessura (mm) da chapa de gesso em cada face da parede	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (min)			Resistência ao fogo (min)
					Integridade	Estanqueidade	Isolação térmica	
Joaçaba	95	70	600	1 / RF / 12,5	60	45	45	30

Fonte: Elaboração do autor, 2012.

A configuração desta parede apresentou o mesmo desempenho ao fogo, previsto na ABNT NBR 15758-1.

4.2.3 Paredes com 2 chapas de gesso RF em cada face

4.2.3.1 Ensaio realizado em Tubarão

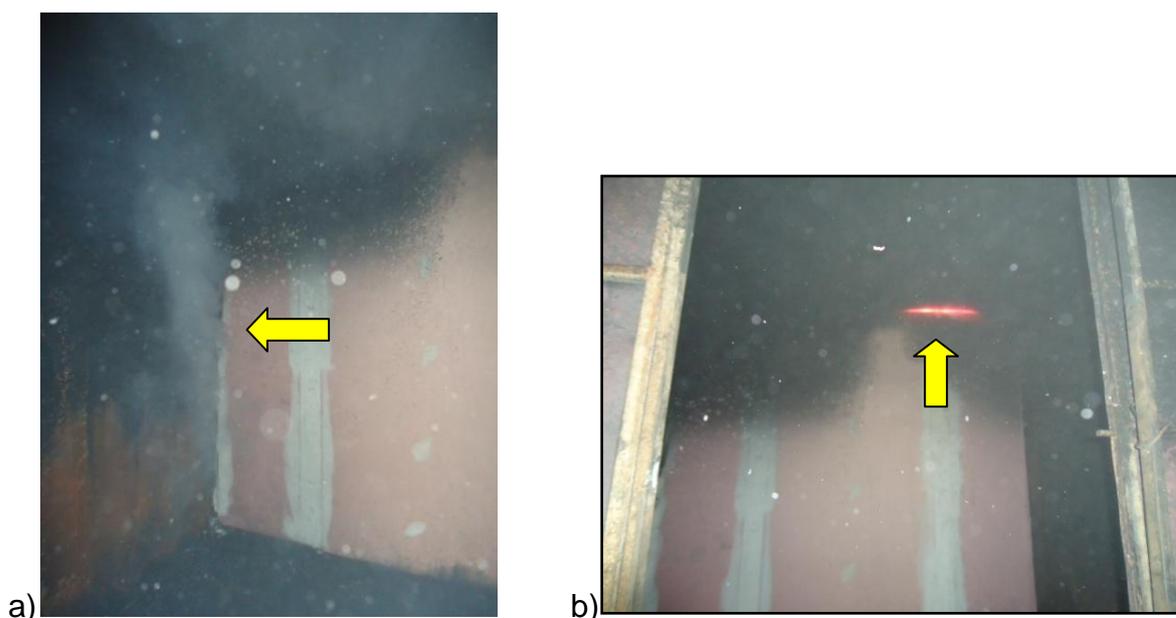
A parede divisória com 2 chapas de gesso acartonado RF em cada face foi ensaiada, durante 100 minutos, no contêiner de Tubarão, não sendo possível registrar as temperaturas dentro do ambiente compartimentado, nem na face da parede não exposta ao fogo, devido a falta de carga na bateria do termômetro digital.

Apesar da impossibilidade de usar o termômetro digital para fazer a leitura da temperatura, durante o ensaio, na face da parede não exposta ao incêndio, foi possível avaliar, parcialmente, a capacidade de isolamento térmico da parede divisória através do tato, simplesmente tocando a palma da mão sobre a face da parede. A superfície não exposta ao fogo não apresentou elevação significativa da temperatura, no meio da chapa de gesso, durante o ensaio.

Com 5 minutos de ensaio a junta de topo, entre as chapas de gesso e o teto do contêiner, se abriu, formando uma fenda de aproximadamente 50 cm (ver figura 28) que permitiu a passagem de chamas e muita fumaça, formando uma camada de aproximadamente 20 cm de fumaça no teto do contêiner.

Com 15 minutos de ensaio a junta de canto, entre as chapas de gesso e a parede lateral do contêiner, também se abriu, formando uma fenda de aproximadamente 60 cm (ver figura 28) que permitiu a passagem de fumaça.

Figura 28 – Falha de vedação na junta da face não exposta ao fogo: a) passagem de fumaça na junta de canto; b) passagem de fumaça e fogo na junta de topo



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Com 100 minutos de incêndio, o ensaio foi encerrado, não sendo observada ruptura das chapas de gesso, na face não exposta ao fogo, além das fendas abertas nas juntas de topo e canto, já relatadas.

O quadro 21 apresenta a avaliação do tempo de resistência ao fogo desta parede divisória.

Quadro 21 – Resultado dos ensaios da parede com 2 chapas de gesso RF

Características da parede					Resultados do ensaio			
Local do ensaio	Espessura total da parede (mm)	Largura do perfil de aço (mm)	Espaçamento do perfil de aço (mm)	Quantidade / tipo / espessura (mm) da chapa de gesso em cada face da parede	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (min)			Resistência ao fogo (min)
					Integridade	Estanqueidade	Isolação térmica	
Tubarão	120	70	600	2 / RF / 12,5	100	5	100	0

Fonte: Elaboração do autor, 2012.

As fendas que se abriram nas juntas de topo e de canto na parede divisória, permitindo a passagem de chamas e fumaça, e prejudicando o resultado do ensaio, podem ser decorrentes da dilatação térmica das paredes de aço do contêiner, pois foi observado no lado externo do contêiner, o arredondamento das suas paredes, com o fogo intenso.

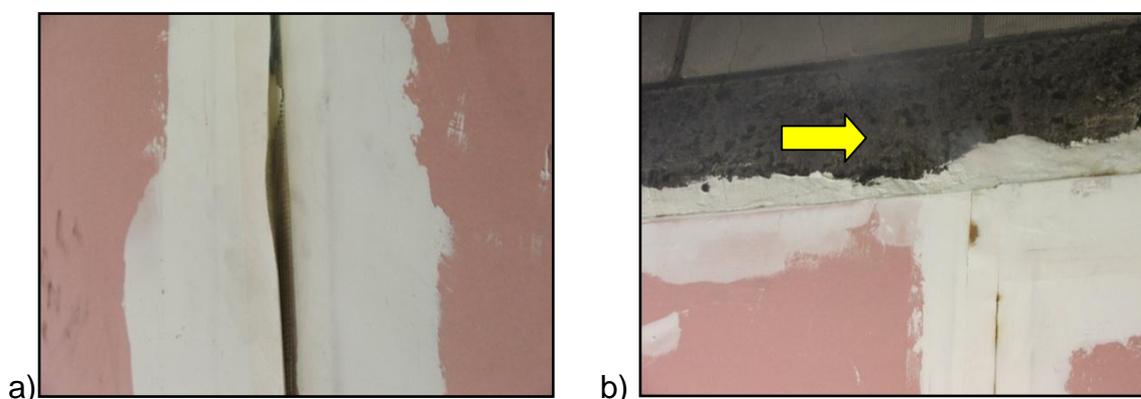
4.2.3.2 Ensaio realizado em Joaçaba

Em Joaçaba foi realizado um segundo ensaio com a parede divisória com 2 chapas de gesso acartonado RF, haja vista, o mau desempenho ao fogo desta parede no ensaio no contêiner de Tubarão e a falta de instrumentação para a leitura da temperatura.

Nesse ensaio de Joaçaba, a duração foi de 120 minutos, atingindo-se uma temperatura máxima de 1.362 °C dentro do ambiente compartimentado. A tabela 2 com as temperaturas registradas no ensaio estão no apêndice 'B'.

Durante o ensaio ocorreu a falha de vedação nas juntas entre as placas de gesso, na parte superior da parede divisória, na face não exposta ao fogo da parede, conforme mostra a figura 29. Esta falha na vedação das juntas permitiu a passagem do calor, sendo registrada uma elevação da temperatura nestes pontos acima de 180 °C com 100 minutos de ensaio.

Figura 29 - Falha de vedação na junta da face não exposta ao fogo: a) permitindo a passagem de calor; b) permitindo a passagem de calor e fumaça

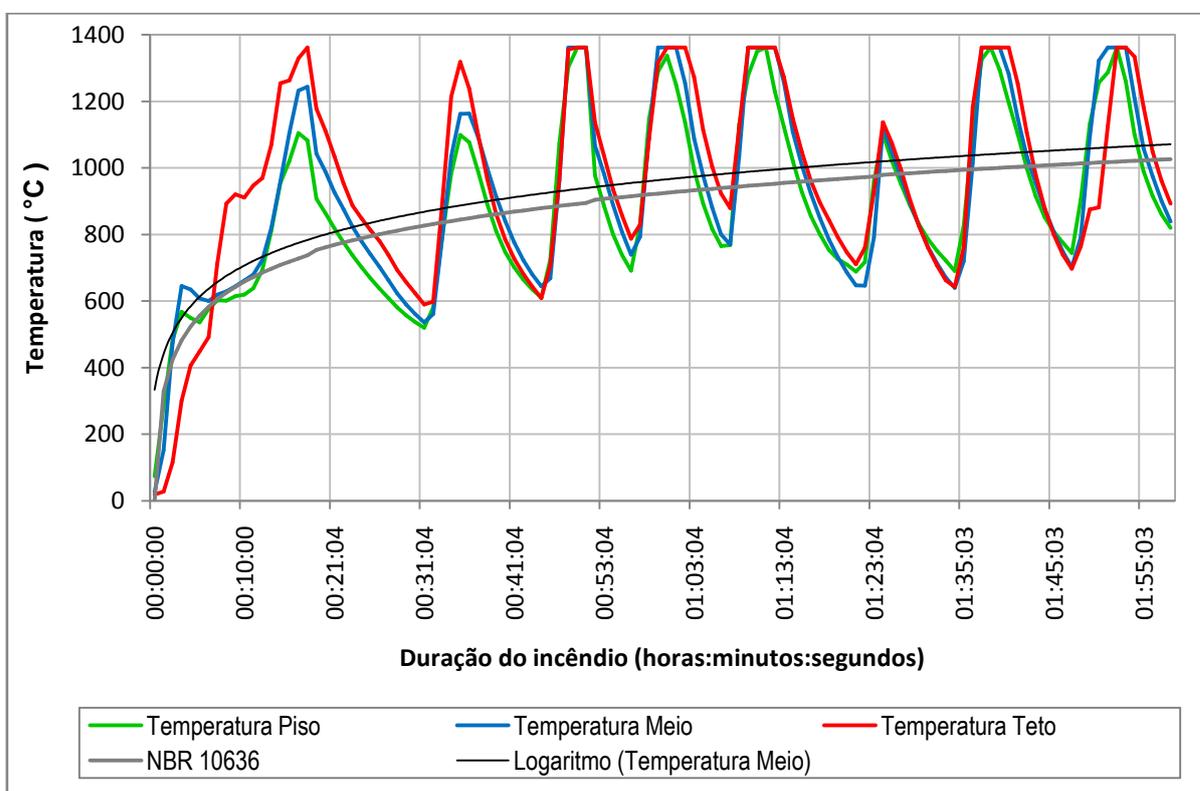


Fonte: Elaboração do autor, 2012.

A falha na vedação da junta das chapas de gesso com a viga, no alto da parede, permitiu a passagem de fumaça, em pequena quantidade, com 100 minutos de ensaio (ver figura 29).

Com os dados da tabela 2 (ver apêndice 'B') foi montado o gráfico 4, com as curvas de elevação de temperatura nos 3 termopares próximos à parede divisória. No gráfico 4 a curva na cor azul é da temperatura no termopar próximo ao piso, a curva na cor verde é da temperatura no termopar no meio da parede, e a curva na cor vermelha é da temperatura no termopar próximo ao teto do cômodo.

Gráfico 4 – Elevação da temperatura durante incêndio na face exposta da parede com 2 chapas de gesso RF em Joaçaba



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

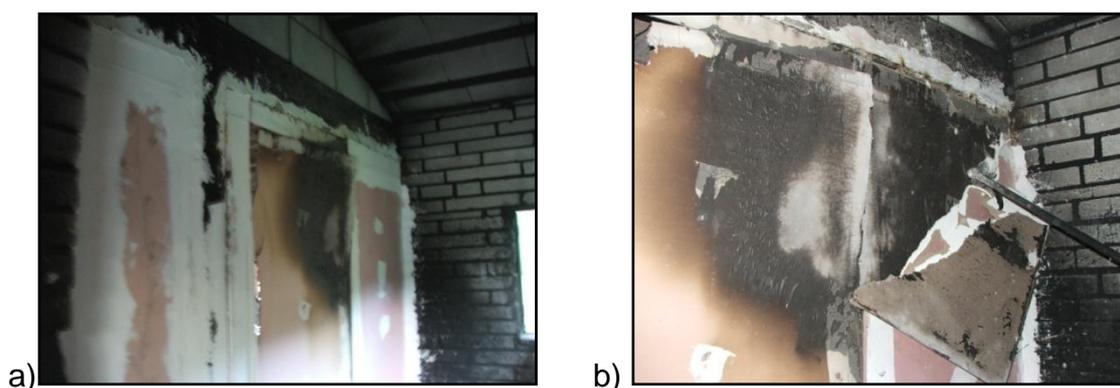
No gráfico 4, foi plotado uma curva logarítmica de tendência da temperatura, na cor preta, das temperaturas registradas no termopar no meio da parede. Observa-se neste gráfico que as temperaturas do incêndio real ficaram, na maior parte do tempo de duração do ensaio, acima das temperaturas do incêndio-padrão previsto na NBR 10636, indicando a severidade do incêndio real no ensaio a que foi submetida a parede divisória.

No gráfico 4, a temperatura não ultrapassa os 1.362 °C, aparecendo 5 patamares aos 47, 59, 67, 97 e 112 minutos de ensaio. Devido ao limite máximo de operação dos termopares. Os picos de temperatura no gráfico 4, demonstra os momentos em que o incêndio era realimentado com combustível (pneus e madeira).

A figura 30 mostra o estado da face da parede não exposta ao fogo com 120 minutos de duração de ensaio, na imagem pode-se notar que parte do cartão de papel da chapa de gesso acartonado está carbonizada, pois a temperatura nesta região da chapa ultrapassou os 180 °C.

O detalhe da figura 30 mostra como ficou a chapa interna de gesso acartonado sob a chapa da face externa da parede não exposta ao fogo.

Figura 30 – Estado da face não exposta ao fogo da parede com 2 chapas de gesso RF com 120 minutos de incêndio: a) vista geral; b) detalhe da chapa interna



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

O quadro 22 apresenta a avaliação do tempo de resistência ao fogo desta parede divisória.

Quadro 22 – Resultado do ensaio da parede com 2 chapas de gesso RF

Características da parede					Resultados do ensaio			
Local do ensaio	Espessura total da parede (mm)	Largura do perfil de aço (mm)	Espaçamento do perfil de aço (mm)	Quantidade / tipo / espessura (mm) da chapa de gesso em cada face da parede	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (min)			Resistência ao fogo (min)
					Integridade	Estanqueidade	Isolação térmica	
Joaçaba	120	70	600	2 / RF / 12,5	120	100	100	90

Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Na figura 31 aparece a face da parede exposta ao fogo intenso, com a ruptura de uma das chapas de gesso. Na mesma figura tem-se um detalhe dos perfis metálicos após o término do ensaio, com os montantes em bom estado de conservação, sendo um indicativo da proteção proporcionada pela camada dupla das chapas de gesso acartonado RF.

Figura 31 – Estado da face exposta ao fogo da parede com 2 chapas de gesso RF após 2 horas de fogo: a) vista geral; b) detalhe dos perfis metálicos após o ensaio



Fonte: Elaboração do autor, 2012.

Como em Joaçaba a construção do laboratório é com estrutura de concreto armado, com fechamento em alvenaria de blocos de concreto celular autoclavado, a dilatação térmica não comprometeu o resultado dos ensaios, como ocorreu no contêiner de aço em Tubarão.

5 CONCLUSÃO

Apesar da pouca literatura e pesquisas disponíveis sobre a resistência ao fogo de paredes construídas com chapas de gesso acartonado, os objetivos propostos no presente trabalho foram atingidos.

No capítulo 2 da monografia foi realizada uma revisão bibliográfica sobre paredes corta-fogo, ficando claro que uma parede, para ser considerada corta-fogo, deve obrigatoriamente atender 3 características:

- a) isolamento térmico (principal característica);
- b) resistência mecânica (estabilidade ou integridade); e
- c) estanqueidade à fumaça e chama.

Basicamente, os materiais utilizados para a construção da parede, a sua geometria e demais características construtivas é que irão influenciar na resistência ao fogo da parede, e só após ser submetida a ensaios é que será possível definir o tempo de resistência ao fogo da parede.

Este conceito de parede corta-fogo é válido para qualquer tipo de parede, tanto para paredes com capacidade de suportar carga, tipo alvenaria estrutural, como para paredes divisórias com chapas de gesso acartonado, que tem apenas a função de dividir ou fechar ambientes.

A pesquisa demonstrou a importância de se adotar uma metodologia padronizada para a realização de ensaios, a fim de caracterizar o tempo de resistência ao fogo das paredes. Atualmente no Brasil, a norma de referência para a realização deste tipo de ensaio é a ABNT NBR 10636 (1989), utilizada na determinação da resistência ao fogo, de paredes divisórias sem função estrutural. Esta norma utiliza a curva padrão de elevação de temperatura em função do tempo, criando um incêndio padrão “controlado”.

Porém, a aplicação desta norma requer o uso de fornos especiais, com controle da elevação de temperatura interna do forno, através do uso de gás combustível, com instrumentação adequada (termopares e software) para leitura das temperaturas internas do forno e na face externa da parede não exposta ao fogo, além de uma equipe técnica qualificada para realizar os ensaios. Esta estrutura é cara e disponível em poucos laboratórios, como no IPT e em algumas universidades.

No capítulo 3 foi realizada a revisão bibliográfica sobre paredes divisórias construídas com chapas de gesso acartonado, que utilizam o sistema de construção

drywall, sem o uso de água na obra. Este sistema construtivo apresenta muitas vantagens e algumas limitações.

Dentre as vantagens, destaca-se:

- a) o tempo reduzido de construção;
- b) menor custo;
- c) redução de mão-de-obra; e
- d) racionalização dos materiais.

Algumas das limitações do sistema de construção *drywall* de paredes com chapas de gesso acartonado são:

- a) a necessidade de mão-de-obra qualificada;
- b) a construção das paredes deve seguir as especificações dos manuais de instalação dos fabricantes, sob pena de comprometer o desempenho da parede;
- c) deve-se dar atenção especial no tratamento das juntas da parede, pois podem comprometer o desempenho ao fogo, quando executadas inadequadamente.

A parede construída com chapas de gesso acartonado pode ser definida como um tipo de parede divisória, sem função estrutural, usada para dividir ambientes internos da edificação, normalmente construídas com perfis de aço galvanizado, com fechamento em chapas de gesso acartonado (SABBATINI, 1998).

Na literatura consultada, foram encontrados poucos resultados de ensaios de resistência ao fogo para paredes com chapas de gesso, destaque para o IPT, o CBPMESP e os próprios fabricantes de chapas de gesso acartonado: Placo do Brasil, Knauf do Brasil e Gypsum Drywall. Mas, de uma forma geral, todos os resultados foram muito parecidos, com as mesmas especificações e requisitos de construção das paredes para os mesmos tempos de resistência ao fogo.

Dos 3 tipos de chapas de gesso acartonado disponíveis no mercado (ST, RF e RU), apenas as paredes com espessura total entre 10,8 à 15 cm, construídas com 2 chapas de gesso acartonado tipo RF em cada face da parede, com uma espessura da chapa de 15 mm é que obtiveram, nos dados coletados na pesquisa bibliográfica, um tempo de resistência ao fogo de 120 minutos.

Segundo os fabricantes, também é possível obter-se uma resistência ao fogo de 120 minutos, para parede construídas com 2 chapas de gesso acartonado

em cada face, com espessura da chapa de 12,5 mm, porém com espessura mínima total da parede de 16 cm.

No capítulo 4 foi feita a descrição dos ensaios realizados com 4 amostras de paredes divisórias, sendo:

- a) 1 parede com 2 chapas de gesso acartonado ST em cada face, com chapas de 12,5 mm de espessura, ensaiada no contêiner de aço de Tubarão;
- b) 1 parede com 1 chapa de gesso acartonado RF em cada face, com chapas de 12,5 mm de espessura, ensaiada no laboratório de Joaçaba;
- c) 2 paredes com 2 chapas de gesso acartonado RF em cada face, com chapas de 12,5 mm de espessura, sendo uma parede ensaiada no contêiner de Tubarão e a outra no laboratório de Joaçaba.

Dos ensaios no contêiner de Tubarão e no laboratório de Joaçaba, realizados durante o procedimento experimental, concluiu-se que:

- a) a parede com 2 chapas de gesso ST em cada face, obteve uma resistência ao fogo por 30 minutos;
- b) a parede com 1 chapa de gesso RF em cada face, obteve uma resistência ao fogo por 30 minutos;
- c) a parede com 2 chapas de gesso RF em cada face, no ensaio realizado no contêiner de Tubarão não teve nenhuma resistência ao fogo, pois com 5 minutos de ensaio a parede permitiu a passagem de muita fumaça e chama na junção da parede com o teto de aço do contêiner; já no ensaio da mesma parede no laboratório de Joaçaba, obteve-se uma resistência ao fogo de 90 minutos.

Nos ensaios foi observado que as juntas nas chapas de gesso acartonado eram um ponto de fragilidade neste tipo de parede, permitindo a passagem de calor e fumaça nos ensaios realizados; devendo-se dar atenção especial no tratamento das juntas, principalmente na interface entre as chapas de gesso da parede e o teto, e entre as chapas de gesso e as paredes laterais do ambiente.

Os ensaios realizados foram importantes, pois permitiram a observação do processo de construção das paredes com chapas de gesso e do comportamento das paredes durante o incêndio, desta forma, ajudando na compreensão do seu desempenho.

Os dois ensaios realizados no contêiner de aço de Tubarão ficaram parcialmente comprometidos, devido à falta de instrumentação para leitura das temperaturas, decorrente da falta de carga na bateria do termômetro digital infravermelho no meio dos ensaios. Ainda assim, foi possível avaliar o desempenho ao fogo das paredes com chapas de gesso acartonado.

Os resultados dos ensaios no laboratório de Joaçaba foram excelentes, devido à boa estrutura física do laboratório, a instrumentação disponível para a leitura das temperaturas (termopares, software e termômetro digital infravermelho) e a experiência já adquirida com os ensaios no contêiner de Tubarão.

Com a instrumentação disponível no laboratório de Joaçaba foi possível montar um gráfico para cada ensaio realizado (gráficos 3 e 4), que demonstrou a elevação da temperatura, durante os incêndios, e fazer a comparação da curva padrão da temperatura em função do tempo da NBR 10636, com as curvas de elevação de temperatura dos ensaios.

Através dos gráficos 3 e 4 percebe-se que os incêndios produzidos nos ensaios, simulam uma condição mais próxima à da realidade, sendo que na maior parte do tempo, as temperaturas durante os ensaios se mantiveram mais altas que o previsto na NBR 10636. Esta condição demonstra a severidade dos incêndios a que foram submetidas às paredes divisórias no laboratório de Joaçaba.

Analisando-se os gráficos 3 e 4, nota-se a dificuldade em manter-se a temperatura do incêndio elevada e constante, sendo que as variações das temperaturas foram consequência da realimentação com combustível dos incêndios em intervalos de 10 a 15 minutos.

Com as pesquisas realizadas neste trabalho, conclui-se que é possível utilizar as paredes construídas com chapas de gesso acartonado como parede corta-fogo.

5.1 SUGESTÕES DE CRITÉRIOS PARA A ACEITAÇÃO DE PAREDES EM GESSO ACARTONADO COMO PAREDE CORTA-FOGO

Para que uma parede seja considerada corta-fogo, é necessário que ela possa proteger contra a ação do fogo, sendo caracterizado pela sua capacidade de manter-se íntegra (estabilidade), estanque e de isolamento térmico. Para tanto, as

paredes divisórias construídas com chapas de gesso acartonado, devem atender alguns critérios, para a sua caracterização e aceitação como parede corta-fogo.

Com base nas pesquisas realizadas nesta monografia, são feitas algumas sugestões à Diretoria de Atividades Técnicas do CBMSC, para a aceitação de paredes divisórias com chapas de gesso acartonado, como paredes corta-fogo.

Sugestões:

1) As paredes devem ser construídas com no mínimo duas chapas de gesso acartonado tipo RF (resistente ao fogo), fixadas em cada face da parede.

2) Utilizar na montagem da parede perfis (guias e montantes) metálicos.

3) Na execução das juntas (emendas) entre as chapas de gesso, as juntas não podem coincidir no alinhamento:

- das juntas horizontais da mesma face;
- das juntas (horizontais e verticais), em faces opostas da parede;
- das juntas (horizontais e verticais) na sobreposição de 2 ou mais chapas, na mesma face da parede.

4) As juntas entre as chapas de gesso, não podem ser executadas no topo da parede, próximo ao teto, devendo ser intercaladas entre o meio e a parte inferior da parede.

5) Utilizar cantoneira metálica de reforço de canto ou fita de papel com feixes metálicos para canto, com massa para o tratamento de juntas:

- nos ângulos externos (cantos de parede); e
- nos ângulos internos (encontro de parede/parede ou parede/teto).

6) Aplicar no mínimo 3 camadas de massa para tratamento de juntas (massa de rejunte), em todas as juntas entre as chapas de gesso acartonado; e nas paredes com mais de uma camada de chapas de gesso, calafetar as juntas das camadas intermediárias das paredes apenas com massa de rejunte.

7) A parede corta-fogo com chapas de gesso acartonado, não pode cruzar juntas de movimentação térmica da estrutura da edificação.

8) No interior da parede, no espaço vazio, não podem passar tubulações ou instalações que possam comprometer a resistência ao fogo, como por exemplo, tubulações de água, de esgoto ou de gás inflamável (GLP ou GN).

9) Não podem existir aberturas, passagens ou elementos nas faces da parede que possam reduzir a sua resistência ao fogo, tais como, caixa de energia para interruptor ou tubulações que atravessem transversalmente as chapas.

10) As paredes construídas com chapas de gesso acartonado, terão a função apenas de dividir (compartimentar) ambientes internos da edificação, sem qualquer função estrutural, não podendo ser utilizadas como parede externa da edificação, e nem ficar sujeitas a ação de intempérie ou umidade.

11) Sempre que a capacidade de resistir ao fogo da parede for comprometida, como por exemplo, após incêndios ou quando expostas a umidade, as paredes com chapas de gesso RF deverão ser reconstruídas, a fim de garantir a sua característica de corta-fogo.

12) As paredes deverão ser construídas segundo as especificações técnicas do manual de instalação do fabricante das chapas de gesso acartonado RF, e em conformidade com as especificações da ANBT NBR 15758-1 (2009).

13) Aceitar como parede corta-fogo, com resistência mínima de 120 minutos, apenas as paredes divisórias com chapas de gesso acartonado RF, especificadas no quadro 23:

Quadro 23 – Paredes corta-fogo construídas com chapas de gesso acartonado com resistência ao fogo mínima de 120 minutos

Espessura total da parede (mm)	Montante de aço		Chapas de gesso em cada face da parede			Resistência ao fogo (min)	Referência
	Largura (mm)	Espaçamento (mm)	Quantidade	Tipo	Espessura (mm)		
108	48	600	2	RF	15	120	Placo; Gypsum Drywall; Knauf; NBR 15758-1
130	70	600	2	RF	15	120	Placol; Gypsum Drywall; Knauf; NBR 15758-1
150	90	600	2	RF	15	120	Placol; Gypsum Drywall; Knauf; NBR 15758-1
160	48+48	600	2	RF	12,5	120	Knauf; NBR 15758-1
200	70+70	600	2	RF	12,5	120	Knauf; NBR 15758-1
300	90+90	600	2	RF	12,5	120	Knauf
250	48+48	600	3	RF	12,5	180	Placo
350	70+70	400	3	RF	12,5	180	Placo

Fonte: Gypsum Drywall (2012b); Knauf do Brasil (2011); Placo do Brasil (2012); ABNT NBR 15758-1 (2009).

14) Solicitar a vistoria das paredes corta-fogo, construídas com chapas de gesso acartonado, logo após a conclusão da sua montagem e antes de ser feito nas paredes o acabamento final com pintura, massa corrida, laminados, cerâmica, papel

de parede ou qualquer outro tipo de revestimento superficial que impeça a visualização do tratamento das juntas e a identificação do tipo de chapa de gesso (pela cor da chapa) utilizada na parede.

5.2 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Para o estudo da resistência ao fogo, das paredes divisórias com chapas de gesso acartonado, ficam algumas sugestões para futuras pesquisas:

- a) realizar os ensaios de resistência ao fogo, das paredes divisórias, atendendo ao método de ensaio da ABNT NBR 10636;
- b) verificar a resistência ao fogo de paredes divisórias com 3 chapas de gesso acartonado RF em cada face;
- c) estudar o comportamento ao fogo deste tipo de parede divisória, quando construída com perfis de madeira;
- d) estudar a resistência ao fogo, com o preenchimento das parede com isolante térmico, tipo lã de rocha ou lã de vidro.

REFERÊNCIAS

AKUTSU, M. Avaliação de desempenho térmico de edificações: a necessidade de revisão normativa. In: INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS, São Paulo. **Tecnologia de edificações**. São Paulo, Pini, 1988. p. 469-472.

AL-HADHRAMI, L. M.; AHMAD, A. Assessment of thermal performance of different types of masonry bricks used in Saudi Arabia. **Applied Thermal Engineering**, v. 29, p. 1123-1130, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL (ABFCD). **Desempenho acústico em sistemas drywall**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/>>. Acesso em: 07/10/2012.

_____. **Manual de fixação, manutenção e acabamento**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/>>. Acesso em: 07/10/2012.

_____. **Manual de Projetos de Sistemas Drywall – paredes, forros e revestimentos**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/>>. Acesso em: 07/10/2012.

_____. **Números do Segmento**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/>>. Acesso em: 08/10/2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5628**: Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **ABNT NBR 9077**: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 1993.

_____. **ABNT NBR 10636**: Paredes divisórias sem função estrutural – Determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **ABNT NBR 11681**: Divisórias leves internas modulares – Procedimentos. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **ABNT NBR 11685**: Divisórias leves internas moduladas – Terminologia. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **ABNT NBR 14432**: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **ABNT NBR 14715**: Chapas de gesso acartonado – Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **ABNT NBR 15217**: Perfis de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para “drywall” – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **ABNT NBR 15758-1: Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projeto e procedimentos executivos para montagem.** Rio de Janeiro, 2009.

BEALL, C. Calculating masonry's fire resistance. **Masonry Construction Magazine**, 1994. Disponível em: <<http://www.masonryconstruction.com/>>. Acesso em: 11/10/2012.

BERTO, A. F. Resistência ao fogo. In: Centro de Documentação da Divisão de Edificações do IPT (Coord.). **Tecnologia de edificações**. São Paulo: Pini Editora, 1988. p. 361-364

BÖTEMARK, I. Deformation of gypsum wallboard. **Building Research and Practice**, p. 312-315, sep./oct. 1975.

BRICK INDUSTRY ASSOCIATION – BIA. **Technical Note 16: Fire resistance of brick masonry**. Reston, VA, 2008. 16 p.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION - BSI. **Glossary of building and civil engineering terms – BS 6100 – (Subsection 1.3.1 Walls and cladding)**. London, 1992.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION - BSI. **Gypsum plasterboard – specification for plasterboard excluding materials submitted to secondary operations (Part 1) – BS 1230**. London, 1985.

BUCHANAN, A. H.. **Structural design for fire safety**. Canterbury: John Wiley & Sons, 2002.

CHICHIERCHIO, L. C. Conforto ambiental: Desempenho térmico e acústico e proteção contra o fogo. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (ABCI). **Manual técnico de alvenaria**. São Paulo: ABCI, 1990. p. 119-141.

CORBIOLI, N. Crescimento geométrico. **Construção**, São Paulo, nº 2502, p. 10-11, jan. 1996.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Instrução Normativa nº 001/DAT/CBMSC: Da atividade técnica**. Florianópolis, 2012.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Instrução Normativa nº 009/DAT/CBMSC: Sistema de saídas de emergência**. Florianópolis, 2006.

DE LUCCA, R. Com Gesso: uma casa em 20 dias. **Construção**, São Paulo, nº 1366, p. 14-16, abr. 1974.

ELDER, A. J.; VANDENBERG, M. **Construction**. Madrid, H. Blume, 1977.

FERGUSON, M. R. **Drywall: professional techniques for walls & ceilings**. Tauton Books & Videos, 1996.

FIRE PREVENTION INFORMATION AND PUBLICATIONS CENTRE - FPI.
Information sheets on buildings products: gypsum plasterboard. 1976.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GYPSUM ASSOCIATION (GA). **Fire resistance design manual (GA-600-12).** Illinois, 2012.

GYPSUM DRYWALL (a). **Catálogo de Produtos.** Rio de Janeiro, 2012.

GYPSUM DRYWALL (b). **Sistemas Gypsum Drywall: Escolas e Universidades – Guia de Especificações.** Rio de Janeiro, 2012.

HAHN, C. Experience of fire behavior of masonry and the proposed CEN standard for assessment. In: 3rd INTERNATIONAL MASONRY CONFERENCE, 1994, Londres. **Proceedings.** Londres, 1994.

HOLANDA, E. P. T. de. **Novas tecnologias construtivas para produção de vedações verticais: diretrizes para o treinamento da mão-de-obra.** 159 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ISOVER SAINT-GOBAIN. Le monde du silence: laines minérales Isover et confort acoustique. 1996. In: TANIGUTI, E. K. **Método construtivo de vedação vertical interna de chapas de gesso acartonado.** 293 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

KATO, M. F. Reação ao fogo dos materiais de construção. In: Centro de Documentação da Divisão de Edificações do IPT (Coord.). **Tecnologia de edificações.** São Paulo: Pini Editora, 1988. p. 365-368.

KNAUF DO BRASIL. **Manual de Instalação.** Rio de Janeiro, 2007.

KNAUF DO BRASIL. **Manual de Instalação Sistemas Knauf drywall.** Rio de Janeiro, 2011.

KUTHCHER, G. M. (b). Don't Overlook Control Joints in Drywall Construction. **National Gypsum Homepage.** Disponível em: <<http://www.nationalgypsum.com/>>. Acesso em: 11/10/2012.

MARCATTI, J. et al. Compartimentação e afastamento entre edificações. In: SEITO, A. I. et al. (Coord.). **A segurança contra incêndio no Brasil.** São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 169-179.

MENDES, R. J. K. **Resistência à compressão de alvenarias de blocos cerâmicos estruturais.** 185 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1998.

MINAS GERAIS. Decreto **Estadual nº 44.746, de 29 de fevereiro de 2008:** Regulamento de segurança contra incêndio e pânico nas edificações e áreas de

risco no Estado de Minas Gerais: Minas Gerais: Governo de Minas, 2008.

MITIDIERI FILHO, C. V. Como construir paredes em chapas de gesso acartonado. **Téchne**, nº 30, set./out. 1997.

MITIDIERI, M. L. O comportamento dos materiais e componentes construtivos diante do fogo - reação ao fogo. In: SEITO, A. I. et al. (Coord.). **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 55-75.

NADJAI, A. et al. Compartment masonry walls in fire situations. **Fire Technology**. v. 42, n. 3, p. 211-231, 2006.

NGUYEN, T. et al. The behaviour of masonry walls subjected to fire: Modelling and parametrical studies in the case of hollow burnt-clay bricks. **Fire Safety Journal**, v. 44, n. 4, p. 629-641, 2009.

NATIONAL GYPSUM. **Gypsum construction guide**. 12^a ed. Charlotte, 2008.

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.

OLIVEIRA, L. A. P. de. **Estimativa da resistência ao fogo de paredes de alvenaria pelo critério de isolamento térmico**. Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo, nº 05, dezembro 1998.

ONO, R. et al. Arquitetura e urbanismo. In: SEITO, A. I. et al. (Coord.). **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 123-134.

ONO, R. Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, 2007.

PLACO DO BRASIL. **Sistema Placostil: Manual de especificação e instalação**. Mogi das Cruzes, 2004.

PLACO DO BRASIL. **Sistema Placostil: Manual de especificação e instalação**. Mogi das Cruzes, 2012.

PINTO, C. S. C. et al. Measurement of thermophysical properties of ceramics by the flash method. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, p. 31-39, 2006.

PROTOLAB – LABORATÓRIO DE PROPRIEDADES TÉRMOFÍSICAS E PROTOTIPAÇÃO. **Tabela de condutividade térmica de materiais de construção**. Socoraba. Disponível em: <<http://www.protolab.com.br/>>. Acesso em: 17/10/2012.

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.

ROSEMANN, F. **Resistência ao fogo de paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos pelo critério de isolamento térmico**. 138 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

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.

SABBATINI, F. H. 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, 1988. p. 67-94.

SANTA CATARINA. Polícia Militar. Corpo de Bombeiros. **Normas de segurança contra incêndio**. 2ª ed. rev. e ampl. Florianópolis: EDEME, 1992.

SÃO PAULO. **Decreto Estadual nº 56.819, de 10 de março de 2011**: Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo. – São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2011.

SAUNDERS, M. et al. **Research Methods for Business Students**. Third edition. England: Prentice Hall, 2003.

SEITO, A. I. Fundamentos de fogo e incêndio. In: SEITO, A. I. et al. (Coord.). **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 35-54.

SILVA, V. P. et al. Segurança das estruturas em situação de incêndio. In: SEITO, A. I. et al. (Coord.). **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008. p. 135-167.

SOFISICA. **Calorimetria**. Disponível em: <<http://www.sofisica.com.br/>>. Acesso em: 17/10/2012.

SOUZA, M. O melhor dos iguais. **Construção**, São Paulo, nº 2309, p. 4-7, mai. 1992.

STEIN, J. S. **Construction glossary**: an encyclopedia reference and manual. 2. ed. New York, Wiley-Interscience, 1980.

TANIGUTI, E. K. **Método construtivo de vedação vertical interna de chapas de gesso acartonado**. 293 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

THINK BRICK AUSTRALIA. **Design of clay masonry walls for fire resistance**. Baulkham Hills, 2006. Disponível em: <<http://www.thinkbrick.com.au/>>. Acesso em: 04/10/2012.

THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PCC/252. São Paulo: EPUSP, 2000.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabela temperatura parede com 1 chapa de gesso RF

(continua)

Duração do ensaio (horas:minutos:segundos)	Temperatura Piso (°C)	Temperatura Meio (°C)	Temperatura Teto (°C)
00:00:00	361,4	133,10	26,20
00:01:00	599,00	295,10	68,10
00:02:00	630,70	376,10	89,90
00:03:00	708,10	474,00	116,90
00:04:00	863,30	682,00	176,00
00:05:00	923,40	879,70	420,40
00:06:00	921,10	981,50	794,30
00:07:00	898,20	1.011,10	1.057,00
00:08:00	904,30	1.088,90	1.252,30
00:09:00	919,50	1.105,20	1.086,10
00:10:00	843,50	1.009,50	905,00
00:11:00	757,40	910,30	754,30
00:12:00	678,90	812,10	647,30
00:13:00	807,40	871,40	731,30
00:14:00	974,40	1.046,40	891,70
00:15:00	907,10	1.018,40	835,20
00:16:00	832,40	938,10	759,90
00:17:00	799,90	877,20	691,40
00:18:00	814,90	844,00	639,20
00:19:00	1.063,30	1.085,50	669,90
00:20:00	1.363,30	1.363,30	695,20
00:21:00	1.363,30	1.363,30	752,80
00:22:00	1.363,30	1.363,30	889,20
00:23:00	1.322,00	1.363,30	1.102,00
00:24:00	1.225,30	1.363,30	1.272,40
00:25:00	1.141,10	1.255,90	1.363,30
00:26:00	1.075,60	1.145,00	1.305,80
00:27:00	1.021,30	1.072,10	1.219,20
00:28:00	970,90	1.019,60	1.122,30
00:29:00	924,00	968,10	1.039,80
00:29:55	887,00	922,50	976,70
00:32:42	786,4	804,20	805,90
00:33:02	776,7	792,30	791,00
00:34:02	752,10	761,20	762,90
00:35:02	964,60	971,00	1.235,40
00:36:02	1.194,60	1.349,30	1.363,30
00:37:02	1.308,90	1.363,30	1.363,30
00:38:02	1.363,30	1.363,30	1.363,30
00:39:02	1.322,10	1.363,30	1.363,30
00:40:02	1.247,70	1.363,30	1.363,30
00:41:02	1.174,30	1.248,40	1.339,50
00:42:02	1.097,40	1.146,80	1.206,40

Tabela temperatura parede com 1 chapa de gesso RF

(conclusão)

Duração do ensaio (hora:minuto:segundo)	Temperatura Piso (°C)	Temperatura Meio (°C)	Temperatura Teto (°C)
00:43:02	1.020,50	1.066,20	1.087,20
00:44:02	950,00	1.000,60	993,30
00:45:02	893,30	939,00	909,00
00:46:02	846,50	889,10	842,20
00:47:02	808,80	846,60	788,40
00:48:02	853,70	901,80	1.025,90
00:49:02	1.071,70	1.179,50	1.363,30
00:50:02	1.273,90	1.363,30	1.363,30
00:51:02	1.363,30	1.363,30	1.363,30
00:52:02	1.363,30	1.363,30	1.363,30
00:53:02	1.339,00	1.363,30	1.363,30
00:54:03	1.259,10	1.358,20	1.331,40
00:55:04	1.203,50	1.259,30	1.221,20
00:56:04	1.164,00	1.195,50	1.141,70
00:57:04	1.111,10	1.125,80	1.086,30
00:58:04	1.003,00	1.029,20	1.004,60
00:59:04	857,20	910,50	857,30
01:00:04	688,50	733,00	614,50
01:01:04	403,90	302,30	90,20
01:01:54	317,70	181,80	64,10

Fonte: Elaboração do autor, 2012.

APÊNDICE B – Tabela temperatura parede com 2 chapas de gesso RF

(continua)

Duração do ensaio (horas:minutos:segundos)	Temperatura Piso (°C)	Temperatura Meio (°C)	Temperatura Teto (°C)
00:00:00	73,5	27,20	19,30
00:01:00	286,50	152,10	27,70
00:02:00	483,90	474,30	116,20
00:03:00	567,70	645,50	300,70
00:04:00	549,60	634,40	406,30
00:05:00	535,60	608,40	449,10
00:06:00	576,70	600,10	491,70
00:07:00	602,30	619,30	713,30
00:08:00	601,70	629,10	892,70
00:09:00	614,30	644,30	920,40
00:10:00	619,50	661,80	911,40
00:11:00	639,00	679,40	947,60
00:12:00	694,70	723,90	969,30
00:13:00	812,10	820,90	1.070,40
00:14:00	955,00	959,70	1.254,60
00:15:00	1.021,70	1.105,80	1.262,80
00:16:00	1.104,60	1.232,70	1.329,20
00:17:00	1.082,50	1.244,00	1.362,00
00:19:14	906,8	1.042,70	1.177,40
00:20:04	864,20	988,50	1.111,20
00:21:04	818,20	926,70	1.034,80
00:22:04	776,50	876,50	954,20
00:23:04	737,60	823,70	887,50
00:24:04	702,20	779,90	849,10
00:25:04	667,90	740,30	813,30
00:26:04	637,60	702,50	781,00
00:27:04	609,00	662,90	738,00
00:28:04	581,30	623,70	693,30
00:29:04	557,40	589,50	656,80
00:30:04	537,10	560,60	623,70
00:31:04	519,40	536,10	589,60
00:32:04	580,80	560,80	598,30
00:33:04	792,70	790,60	893,40
00:34:04	982,70	1.034,40	1.213,90
00:35:04	1.098,80	1.162,50	1.318,90
00:36:04	1.076,90	1.162,90	1.237,70
00:37:04	987,70	1.091,60	1.098,20
00:38:04	890,90	999,60	966,20
00:39:04	809,40	913,20	860,20
00:40:04	747,10	840,40	784,60
00:41:04	700,70	775,50	726,90
00:42:04	664,30	722,60	682,00

Tabela temperatura parede com 2 chapas de gesso RF

(continuação)

Duração do ensaio (horas:minutos:segundos)	Temperatura Piso (°C)	Temperatura Meio (°C)	Temperatura Teto (°C)
00:43:04	635,10	680,20	643,80
00:44:04	610,90	644,50	609,10
00:45:04	724,60	668,80	708,00
00:46:04	1.073,10	959,90	965,40
00:47:04	1.303,50	1.362,00	1.356,20
00:48:04	1.362,00	1.362,00	1.362,00
00:49:04	1.362,00	1.362,00	1.362,00
00:52:14	977,4	1.066,30	1.136,10
00:53:04	885,80	982,20	1.036,30
00:54:04	800,50	888,60	935,60
00:55:04	738,10	807,70	857,10
00:56:04	691,40	739,60	787,00
00:57:04	829,40	793,30	829,90
00:58:04	1.147,70	1.101,70	1.087,50
00:59:04	1.290,00	1.362,00	1.316,40
01:00:04	1.336,50	1.362,00	1.362,00
01:01:04	1.249,30	1.362,00	1.362,00
01:02:04	1.136,00	1.254,20	1.362,00
01:03:04	994,20	1.088,40	1.272,70
01:04:04	892,60	977,20	1.113,90
01:05:04	817,20	881,60	1.004,20
01:06:04	765,00	799,60	922,30
01:07:04	768,20	769,70	879,10
01:08:04	1.130,60	1.034,50	1.120,70
01:09:04	1.278,30	1.362,00	1.362,00
01:10:04	1.350,10	1.362,00	1.362,00
01:11:04	1.362,00	1.362,00	1.362,00
01:12:04	1.229,10	1.362,00	1.362,00
01:13:04	1.123,90	1.258,00	1.273,90
01:14:04	1.020,20	1.107,30	1.147,40
01:15:04	927,30	1.007,60	1.048,00
01:16:04	855,20	922,10	960,50
01:17:04	801,00	849,40	895,60
01:18:04	754,10	785,30	843,80
01:19:04	726,00	731,30	791,40
01:20:04	709,40	685,50	745,90
01:21:04	688,40	647,20	710,30
01:22:04	717,40	646,60	760,50
01:23:04	961,00	790,70	928,50
01:26:03	1101,3	1.122,60	1.137,20
01:27:03	1.020,20	1.045,90	1.074,50
01:28:03	951,30	972,10	995,10
01:29:03	886,60	894,50	903,90

Tabela temperatura parede com 2 chapas de gesso RF

(conclusão)

Duração do ensaio (horas:minutos:segundos)	Temperatura Piso (°C)	Temperatura Meio (°C)	Temperatura Teto (°C)
01:30:03	830,60	825,80	825,50
01:31:03	786,00	762,20	760,30
01:32:03	751,30	713,00	706,40
01:33:03	722,00	671,20	662,80
01:34:03	690,50	639,60	642,80
01:35:03	826,80	718,80	761,40
01:36:03	1.116,50	1.014,90	1.182,20
01:37:03	1.326,40	1.362,00	1.362,00
01:38:03	1.362,00	1.362,00	1.362,00
01:39:03	1.293,90	1.362,00	1.362,00
01:40:03	1.195,70	1.281,90	1.362,00
01:41:03	1.101,40	1.148,60	1.253,20
01:42:03	999,00	1.035,90	1.106,90
01:43:03	915,30	954,30	979,40
01:44:03	851,70	875,80	878,00
01:45:03	808,40	808,20	799,80
01:46:03	775,70	748,60	739,80
01:47:03	743,80	701,60	697,30
01:48:03	905,60	792,90	763,80
01:49:03	1.132,90	1.093,20	875,10
01:50:03	1.256,70	1.322,70	881,70
01:51:03	1.286,80	1.362,00	1.125,90
01:52:03	1.362,00	1.362,00	1.362,00
01:53:03	1.259,50	1.362,00	1.362,00
01:54:03	1.100,20	1.208,90	1.334,00
01:55:03	989,60	1.058,80	1.183,40
01:56:03	915,50	975,00	1.049,20
01:57:03	859,90	900,50	961,10
01:58:03	820,30	838,80	892,80

Fonte: Elaboração do autor, 2012.