J. Manuel Marques A. de Araújo Faria

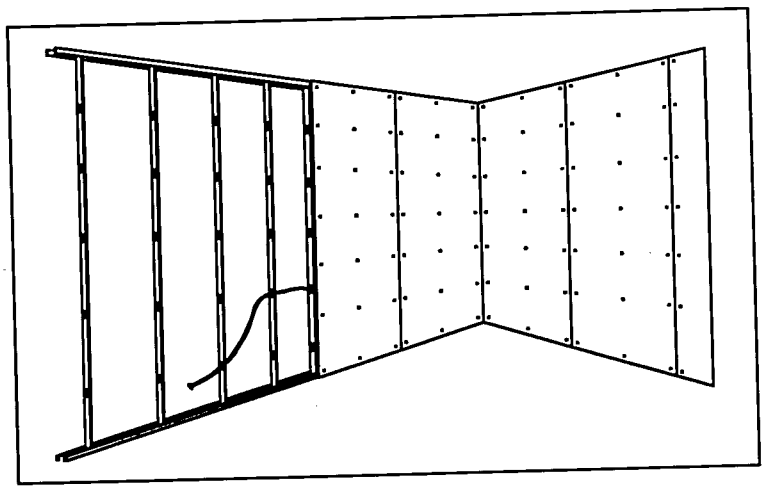
Divisórias Leves Prefabricadas

DEC
FEUP
1996

DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA REALIZADO COM BASE EM MADEIRA E DERIVADOS

JOSÉ MANUEL MARQUES AMORIM DE ARAÚJO FARIA



FACULDADE DE ENGENHARIA - UNIVERSIDADE DO PORTO
1996

DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA REALIZADO COM BASE EM MADEIRA E DERIVADOS

JOSÉ MANUEL MARQUES AMORIM DE ARAÚJO FARIA

RESUMOS E PALAVRAS-CHAVE

FACULDADE DE ENGENHARIA - UNIVERSIDADE DO PORTO
1996

JOSÉ MANUEL MARQUES AMORIM DE ARAÚJO FARIA

DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

- CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA REALIZADO COM BASE EM MADEIRA E DERIVADOS -

RESUMOS E PALAVRAS-CHAVE

Apresentado para efeito da prestação de Provas de Doutoramento na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
- Departamento de Engenharia Civil -

624(043) FAR/DIV

DEC
FEUP

FACULDADE DE ENGENHARIA - UNIVERSIDADE DO PORTO
1996

DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA REALIZADO COM BASE EM MADEIRA E DERIVADOS

RESUMO:

Na construção de edifícios, a industrialização é uma das áreas estratégicas de desenvolvimento a privilegiar no momento presente e no futuro próximo.

A concepção, o desenvolvimento e a optimização de sistemas de prefabricação total ou parcial para a construção de edifícios segundo uma perspectiva modular constituem algumas das áreas de investigação que maiores repercussões imediatas podem ter na concretização dessa estratégia de industrialização.

No presente trabalho estudam-se as divisórias leves prefabricadas consideradas como sistemas de prefabricação parcial.

Num primeiro grupo de capítulos é feita uma síntese dos principais conceitos que se relacionam directa ou indirectamente com as divisórias leves prefabricadas, abordando-se sucessivamente os seguintes tópicos:

- definições, terminologia e exemplos relacionados com a prefabricação em edifícios e principais áreas de conhecimento que lhe estão associadas;
- classificação de paredes interiores não resistentes em edifícios;
- regras de desempenho de paredes interiores em edifícios;
- definições, terminologia e exemplos de soluções associadas às divisórias leves prefabricadas.

Num segundo grupo de capítulos apresenta-se o resultado de um trabalho de investigação aplicada realizado sobre divisórias leves prefabricadas que consistiu essencialmente na concepção e na avaliação da viabilidade de um sistema de divisórias leves projectado com base em madeira e respectivos derivados.

Apresenta-se e justifica-se uma especificação técnica do sistema concebido que foi designado sistema de divisórias leves MADLEVE ou mais abreviadamente sistema MADLEVE. Apresentam-se os resultados da avaliação do desempenho do sistema MADLEVE efectuados com base num "plano de avaliação da aptidão ao uso de divisórias leves prefabricadas não resistentes" especialmente concebido para esse efeito. Apresenta-se uma avaliação dos custos do sistema concebido e faz-se finalmente uma pequena reflexão sobre a sua viabilidade.

O último capítulo do trabalho apresenta as principais conclusões e as mais importantes linhas de investigação a desenvolver no futuro.

PALAVRAS-CHAVE: Paredes interiores de edifícios, Sistema de prefabricação, Prefabricação leve, Edifícios, Divisórias leves prefabricadas, Desempenho.

CLOISONS LÉGÈRES PREFABRIQUÉES

CONCEPTION ET ÉVALUATION DE LA VIABILITÉ D'UN SYSTÈME REALISÉ À LA BASE DU BOIS ET DES DÉRIVÉS DU BOIS

RÉSUMÉ:

L'industrialisation est un des domaines stratégiques de développment de la construction des bâtiments qui doit être privilégié dans le présent et dans le futur proche.

La conception, le développement et l'optimisation de systèmes de préfabrication total ou partiel pour la construction des bâtiments dans une perspective modulaire constituent des domaines d'investigation qui peuvent avoir d'imédiat des répercussions sur la concrétisation de cette stratégie d'industrialisation.

Dans le présent travail les cloisons légères préfabriquées sont analysées et décrites comme systèmes de préfabrication partiel.

Une synthèse des principaux concepts qui ont des connexions directes ou indirectes avec les cloisons légères préfabriquées est présentée dans un premier groupe de chapitres où sont abordés sucéssivement les thémes suivants:

- définition, terminologie et exemples concernant la préfabrication dans le bâtiment et tous les principaux domaines de connaissance qui ont des liens avec la préfabrication;
- classification des cloisons;
- synthèse des performances des cloisons;
- définitions, terminologie et exemples de solutions associés aux cloisons légères préfabriquées.

Dans un deuxiéme groupe de chapitres se présentent les résultats d'un travail d'investigation apliquée qui a été réalisé sur les cloisons légères préfabriquées.

Le travail a consisté essentiellement de la concéption et de l'évaluation de la viabilité d'un système de cloisons légères qui a été conçu à la base du bois et des derivés du bois et qui a reçu la désignation de système MADLEVE.

Une spécification technique du système MADLEVE est présentée et justifiée. Les résultats de l'évaluation des performances du système MADLEVE réalisé à la base d'un "plan de l'évaluation de la performance de cloisons légères préfabriquées" qui a été spécialement conçu pour cet effect et l'évaluation des côuts du système et une réflexion sur sa viabilité sont aussi présentées.

Le dernier chapitre du travail présent les plus importantes conclusions et les lignes d'investigation qui ont resulté du travail d'investigation qui a été réalisé jusqu'au présent.

MOTS-CLÉS: Cloisons; Système de préfabrication, Préfabrication légère, Bâtiment, Cloisons légères préfabriquées, Performance.

LIGHTWEIGHT PREFABRICATED PARTITIONS

DESIGN AND EVALUATION OF THE VIABILITY OF A SYSTEM CONCEIVED WITH A BASE ON WOOD AND DERIVATIVES

SUMMARY:

In building construction, industrialization is one of the strategic areas of development that must be privileged on the present and on the near-by future.

The design, development and optimization of total and partial prefabrication systems for building construction following a modular perspective are some of the areas of research that may have a larger influence on the development of that strategy of industrialization.

This work deals with lightweight non-loadbearing prefabricated partitions analysed and described as partial prefabrication systems.

On a first group of chapters a synthesis of the most important concepts that are related directly or indirectly with lightweight prefabricated partitions is presented.

The following fundamental aspects are analysed:

- definitions, terminology and examples related with building prefabrication and with some areas of knowledge that are related with prefabrication;
- classification of non-loadbering building partitions;
- performance requirements and specifications of building partitions;
- definitions, terminology and examples of solutions of lightweight prefabricated partitions;

On a second group of chapters the result of some applied research realized on lightweight non-loadbearing prefabricated partitions is presented. The work consisted basically of the execution of the design and evaluation of the viability of a prefabricated partition system conceived with a base on wood and derivatives.

The technical specifications of the system are presented and justified. The system received the name of MADLEVE system. The results of the performance evaluation of the system realized with a base on a "plan of performance evaluation of lightweight non-loadbearing prefabricated partitions" that was conceived for this specific purpose are presented. A cost evaluation of the system and a reflexion on its viability are also presented.

The last chapter of the work presents the major conclusions and the more important research programs to develop in the futur.

KEY-WORDS: Building partitions; Prefabrication system; Lightweight prefabrication; Building; Lightweight prefabricated partitions; Performance.

JOSÉ MANUEL MARQUES AMORIM DE ARAÚJO FARIA

DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

- CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA REALIZADO COM BASE EM MADEIRA E DERIVADOS -

Dissertação apresentada para efeito da prestação de Provas de Doutoramento na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
- Departamento de Engenharia Civil -

DEC
FEUP

FEUP DTV
UNIVERSIDADE DO PORTO
Faculdade de Engenharia
BIBLIOTECA
Nº 6339
CDU
Data ___/___/ 19___

FACULDADE DE ENGENHARIA - UNIVERSIDADE DO PORTO
1996

À Cristina,
ao Pedro e à Adriana
e aos meus Pais.

DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA REALIZADO COM BASE EM MADEIRA E DERIVADOS

ÍNDICE GERAL

Índice geral V
Agradecimentos VII
Resumo ; Palavras-chave IX
Résumé; Mots-clés XI
Summary ; Key-words XIII
Índice do texto XV
Índice de figuras XXIII
Índice de quadros XXVII
Simbologia XXIX
Abreviaturas XXXI

Cap. 1 - Formulação, objectivos e estrutura do trabalho 1
Cap. 2 - Prefabricação e sistemas em edifícios 11
Cap. 3 - Paredes interiores não resistentes em edifícios 43
Cap. 4 - Divisórias leves prefabricadas 87
Cap. 5 - Avaliação da qualidade de sistemas de divisórias leves prefabricadas 113
Cap. 6 - Concepção do sistema MADLEVE 139
Cap. 7 - Avaliação do sistema MADLEVE 173
Cap. 8 - Principais conclusões e linhas de investigação futura 219

Referências Bibliográficas 229

Lista de referências organizadas por temas 253

ANEXOS :

Anexo A - Definições associadas ao Capítulo 2 ..... A.1

Anexo B - Sistema Madleve - Versão Final - Especificação técnica B.1

AGRADECIMENTOS

Ao finalizar este trabalho é com grande e sincera gratidão que desejo tornar público o meu reconhecimento a todos aqueles que de alguma forma me apoiaram na realização desta tese e de que queria destacar os que de seguida enumero.

Ao Professor Doutor Vítor Abrantes, meu orientador científico, pelo permanente apoio e incentivo à realização desta tese e pelo carinho com que sempre me foi orientando ao longo dos últimos anos.

Ao Engº Vasconcelos Paiva, chefe do Departamento de Edifícios do LNEC, co-orientador científico da tese e supervisor do estágio que realizei no LNEC entre Novembro de 1992 e Março de 1996, pela inexcedível dedicação e apoio que sempre me deu nas longas conversas que tivemos sobre a tese.

Ao Engº Teixeira Trigo do LNEC que conjuntamente com o Engº Vasconcelos Paiva deu um forte impulso à preparação de um protocolo de acordo entre a FEUP e o LNEC que esteve na base da realização do estágio atrás referido e sem o qual não teria sido possível realizar esta tese.

À firma A. M. Mesquita, Lda. que patrocinou parcialmente a investigação realizada e nomeadamente:

- ao Engº Alberto Mesquita e à Drª Ana Paula Mesquita, administradores da empresa, por terem decidido apoiar a investigação realizada;

- ao Arqº Xavier e ao Engº Afonso, quadros da empresa, pelo apoio dado na concepção e fabrico do protótipo;

- ao operários Sr. Pedro, Sr. Paulo e Sr. António pela competência colocada na montagem dos protótipos.

Ao Sr. Joaquim Ferreira de Sá e ao seu funcionário Alberto pela competência com que realizaram a pintura dos protótipos.

A todos os que para além do Engº Vasconcelos Paiva me ajudaram no LNEC, onde foi realizado quase todo o trabalho de investigação que suportou a tese, e em particular àqueles que mais de perto comigo trabalharam, nomeadamente:

- ao Engº Pontífice de Sousa, chefe do NCCt, Núcleo de Comportamento das Construções, do Departamento de Edifícios (DED) pelo permanente apoio e incentivo e pelas excelentes condições de trabalho que me proporcionou no NCCt com vista à realização da tese;

- ao Engº Pedro Martins da Silva, chefe do Núcleo de Acústica e Iluminação (NAI) do DED por patrocinar o permanente apoio que obtive de outros membros do NAI nomeadamente da Engª Odete Domingues, da Drª Sónia Antunes e do experimentador Sr. Fernando Mateus;

- aos restantes investigadores do NCCt e em particular ao Engº Carlos Pina dos Santos pelo apoio científico que me deram quando a eles recorri para trocar impressões ou esclarecer qualquer dúvida;

- aos experimentadores Júlio Sampaio, Edgar Ferreira, Manuel Sadio e Joaquim Ranita do NCCt e José Martins e Luís Costa do NCCp e aos auxiliares de experimentação do NCCt, Paulo Reis e José Carlos Matos, que me ajudaram na realização dos ensaios de choque;

- ao experimentador do Núcleo de Observação de Estruturas do Departamento de Estruturas, Sr. José Fidalgo que me ajudou a instalar o sistema de aquisição de dados usado nos ensaios de choque;

- aos funcionários do Núcleo de Madeiras Sr. Arménio, Sr. Cardoso e Sr. Maia que me ajudaram a montar e desmontar os provetes na terceira campanha de ensaios de isolamento sonoro;

- às funcionárias da Biblioteca D. Maria Clara e D. Ana Maria pela paciência e profissionalismo com que sempre me apoiaram quando a elas recorri.

À D. Maria de Lurdes Lopes e ao Sr. Jorge Bernardes pela competência colocada no processamento de grande parte do texto do trabalho.

À D. Elisabete Mesquita pela grande dedicação e competência colocada na realização do restante processamento de texto e na edição e organização final do trabalho.

À D. Cristina Paredes pela dedicação e competência na realização dos desenhos incluídos no trabalho.

Finalmente um agradecimento especial à minha mulher que me ajudou a realizar os últimos retoques relacionados com a encadernação e cópias do trabalho.

FEUP, Maio de 1996

DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA REALIZADO COM BASE EM MADEIRA E DERIVADOS

RESUMO:

Na construção de edifícios, a industrialização é uma das áreas estratégicas de desenvolvimento a privilegiar no momento presente e no futuro próximo.

A concepção, o desenvolvimento e a optimização de sistemas de prefabricação total ou parcial para a construção de edifícios segundo uma perspectiva modular constituem algumas das áreas de investigação que maiores repercussões imediatas podem ter na concretização dessa estratégia de industrialização.

No presente trabalho estudam-se as divisórias leves prefabricadas consideradas como sistemas de prefabricação parcial.

Num primeiro grupo de capítulos é feita uma síntese dos principais conceitos que se relacionam directa ou indirectamente com as divisórias leves prefabricadas, abordando-se sucessivamente os seguintes tópicos:

- definições, terminologia e exemplos relacionados com a prefabricação em edifícios e principais áreas de conhecimento que lhe estão associadas;
- classificação de paredes interiores não resistentes em edifícios;
- regras de desempenho de paredes interiores em edifícios;
- definições, terminologia e exemplos de soluções associadas às divisórias leves prefabricadas.

Num segundo grupo de capítulos apresenta-se o resultado de um trabalho de investigação aplicada realizado sobre divisórias leves prefabricadas que consistiu essencialmente na concepção e na avaliação da viabilidade de um sistema de divisórias leves projectado com base em madeira e respectivos derivados.

Apresenta-se e justifica-se uma especificação técnica do sistema concebido que foi designado sistema de divisórias leves MADLEVE ou mais abreviadamente sistema MADLEVE. Apresentam-se os resultados da avaliação do desempenho do sistema MADLEVE efectuados com base num "plano de avaliação da aptidão ao uso de divisórias leves prefabricadas não resistentes" especialmente concebido para esse efeito. Apresenta-se uma avaliação dos custos do sistema concebido e faz-se finalmente uma pequena reflexão sobre a sua viabilidade.

O último capítulo do trabalho apresenta as principais conclusões e as mais importantes linhas de investigação a desenvolver no futuro.

PALAVRAS-CHAVE: Paredes interiores de edifícios, Sistema de prefabricação, Prefabricação leve, Edifícios, Divisórias leves prefabricadas, Desempenho.

CLOISONS LÉGÈRES PREFABRIQUÉES

CONCEPTION ET ÉVALUATION DE LA VIABILITÉ D'UN SYSTÈME REALISÉ À LA BASE DU BOIS ET DES DÉRIVÉS DU BOIS

RÉSUMÉ:

L'industrialisation est un des domaines stratégiques de développment de la construction des bâtiments qui doit être privilégié dans le présent et dans le futur proche.

La conception, le développement et l'optimisation de systèmes de préfabrication total ou partiel pour la construction des bâtiments dans une perspective modulaire constituent des domaines d'investigation qui peuvent avoir d'imédiat des répercussions sur la concrétisation de cette stratégie d'industrialisation.

Dans le présent travail les cloisons légères préfabriquées sont analysées et décrites comme systèmes de préfabrication partiel.

Une synthèse des principaux concepts qui ont des connexions directes ou indirectes avec les cloisons légères préfabriquées est présentée dans un premier groupe de chapitres où sont abordés sucéssivement les thémes suivants:

- définition, terminologie et exemples concernant la préfabrication dans le bâtiment et tous les principaux domaines de connaissance qui ont des liens avec la préfabrication;
- classification des cloisons;
- synthèse des performances des cloisons;
- définitions, terminologie et exemples de solutions associés aux cloisons légères préfabriquées.

Dans un deuxiéme groupe de chapitres se présentent les résultats d'un travail d'investigation apliquée qui a été réalisé sur les cloisons légères préfabriquées.

Le travail a consisté essentiellement de la concéption et de l'évaluation de la viabilité d'un système de cloisons légères qui a été conçu à la base du bois et des derivés du bois et qui a reçu la désignation de système MADLEVE.

Une spécification technique du système MADLEVE est présentée et justifiée. Les résultats de l'évaluation des performances du système MADLEVE réalisé à la base d'un "plan de l'évaluation de la performance de cloisons légères préfabriquées" qui a été spécialement conçu pour cet effect et l'évaluation des côuts du système et une réflexion sur sa viabilité sont aussi présentées.

Le dernier chapitre du travail présent les plus importantes conclusions et les lignes d'investigation qui ont resulté du travail d'investigation qui a été réalisé jusqu'au présent.

MOTS-CLÉS: Cloisons; Système de préfabrication, Préfabrication légère, Bâtiment, Cloisons légères préfabriquées, Performance.

LIGHTWEIGHT PREFABRICATED PARTITIONS

DESIGN AND EVALUATION OF THE VIABILITY OF A SYSTEM CONCEIVED WITH A BASE ON WOOD AND DERIVATIVES

SUMMARY:

In building construction, industrialization is one of the strategic areas of development that must be privileged on the present and on the near-by future.

The design, development and optimization of total and partial prefabrication systems for building construction following a modular perspective are some of the areas of research that may have a larger influence on the development of that strategy of industrialization.

This work deals with lightweight non-loadbearing prefabricated partitions analysed and described as partial prefabrication systems.

On a first group of chapters a synthesis of the most important concepts that are related directly or indirectly with lightweight prefabricated partitions is presented.

The following fundamental aspects are analysed:

- definitions, terminology and examples related with building prefabrication and with some areas of knowledge that are related with prefabrication;
- classification of non-loadbering building partitions;
- performance requirements and specifications of building partitions;
- definitions, terminology and examples of solutions of lightweight prefabricated partitions;

On a second group of chapters the result of some applied research realized on lightweight non-loadbearing prefabricated partitions is presented. The work consisted basically of the execution of the design and evaluation of the viability of a prefabricated partition system conceived with a base on wood and derivatives.

The technical specifications of the system are presented and justified. The system received the name of MADLEVE system. The results of the performance evaluation of the system realized with a base on a "plan of performance evaluation of lightweight non-loadbearing prefabricated partitions" that was conceived for this specific purpose are presented. A cost evaluation of the system and a reflexion on its viability are also presented.

The last chapter of the work presents the major conclusions and the more important research programs to develop in the futur.

KEY-WORDS: Building partitions; Prefabrication system; Lightweight prefabrication; Building; Lightweight prefabricated partitions; Performance.

DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA REALIZADO COM BASE EM MADEIRA E DERIVADOS

ÍNDICE DO TEXTO

CAP. 1 - FORMULAÇÃO, OBJECTIVOS E ESTRUTURA DO TRABALHO

1.1 Introdução 3

1.2 Formulação da tese 3

1.3 Âmbito do trabalho desenvolvido 4

1.4 Objectivos do trabalho desenvolvido 5

1.5 Justificação da tese 5

1.5.1 Justificação económica e social 5
1.5.2 Justificação científica 6

1.6 Bases do trabalho desenvolvido 6

1.7 Breve descrição do trabalho 7

CAP. 2 - PREFABRICAÇÃO E SISTEMAS EM EDIFÍCIOS

2.1 Visão sistémica de um edifício 13

2.1.1 Objecto 13
2.1.2 O conceito de sistema aplicado ao estudo dos edifícios. 13
2.1.3 Órgão e sub-sistema 14
2.1.4 Exigências funcionais e exigências e especificações de desempenho 16
2.1.4.1 Objectivo 16
2.1.4.2 Conceito de exigência funcional 18
2.1.4.3 Conceito de exigência de desempenho 18
2.1.4.4 Conceito de especificação de desempenho 19
2.1.4.5 Conceito de "regras de qualidade" de um elemento de construção 20
2.1.4.6 Conceito de exigência essencial 21

2.2 Prefabricação em edifícios 22
2.2.1 Objecto 22
2.2.2 Conceito de prefabricação 22
2.2.3 Prefabricação leve e prefabricação pesada 23

2.2.4 Prefabricação ligeira 23
2.2.5 Sistemas de prefabricação 23

2.3 Coordenação dimensional modular em edifícios 25

2.3.1 Objecto 25
2.3.2 Definição e objectivos da coordenação dimensional modular 25
2.3.3 Desenvolvimentos recentes da coordenação dimensional modular 26
2.3.4 Conceitos fundamentais da coordenação dimensional modular 27
2.3.5 Benefícios da coordenação dimensional modular 29
2.3.5.1 Benefícios gerais 29
2.3.5.2 Benefícios no projecto de edifícios 30
2.3.5.3 Benefícios no fabrico de componentes 30
2.3.5.4 Benefícios na fase de execução da obra 30

2.4 Tolerâncias de construção em edifícios 31

2.4.1 Objecto 31
2.4.2 Formulação do problema 31
2.4.3 Objectivos do controlo de tolerâncias de construção em edifícios 32
2.4.4 Investigação no domínio das "tolerâncias de construção em edifícios" 33
2.4.5 Fixação de tolerâncias de construção em edifícios 33

2.5 Juntas de construção em edifícios 34

2.5.1 Objecto 34
2.5.2 Formulação do problema 34
2.5.3 Regras gerais de concepção de juntas de construção em edifícios 35
2.5.4 Lista geral de funções das juntas de construção em edifícios 36
2.5.5 Tipos de juntas de construção em edifícios 39

CAP. 3 - PAREDES INTERIORES NÃO RESISTENTES EM EDIFÍCIOS

3.1 Classificação de sistemas de construção de paredes interiores não resistentes 45

3.1.1 Objectivo 45
3.1.2 Pesquisa bibliográfica 45
3.1.3 Definição do sub-sistema "paredes interiores não resistentes" 45
3.1.4 Critérios a utilizar 46
3.1.5 Classificação de paredes interiores não resistentes 48

3.2 Exigências de desempenho de paredes interiores não resistentes 52

3.2.1 Âmbito e objectivo..... 52
3.2.2 Pesquisa bibliográfica 53
3.2.3 Listagem de exigências de desempenho do sub-sistema de um edifício "paredes interiores não resistentes"..... 53
3.2.4 Descrição das exigências de desempenho..... 53
3.2.4.1 Exigências de estabilidade..... 53
3.2.4.2 Exigências de segurança contra riscos de incêndio..... 57
3.2.4.3 Exigências de segurança na utilização..... 60
3.2.4.4 Exigências de segurança contra intrusões humanas ou animais..... 61
3.2.4.5 Exigências de estanquidade à água..... 61
3.2.4.5.1 Estanquidade à água proveniente de zonas húmidas interiores..... 61
3.2.4.5.2 Estanquidade à água proveniente de paramentos exteriores da fachada..... 63
3.2.4.6 Exigências de estanquidade ao ar..... 64
3.2.4.6.1 Permeabilidade ao ar proveniente do paramento exterior da fachada... 64
3.2.4.6.2 Permeabilidade ao vapor de água... 64
3.2.4.7 Exigências de conforto térmico e poupança de energia..... 65
3.2.4.7.1 Exigências de isolamento térmico.... 65
3.2.4.7.2 Exigência de secura dos paramentos da parede..... 66
3.2.4.8 Exigências de qualidade do ar..... 67
3.2.4.9 Exigências de conforto acústico..... 69
3.2.4.10 Exigências de higiene..... 72
3.2.4.11 Exigências de conforto visual..... 73
3.2.4.11.1 Exigências de planeza..... 74
3.2.4.11.2 Exigências de verticalidade..... 75
3.2.4.11.3 Exigências de rectidão das arestas..... 75
3.2.4.11.4 Exigências de regularidade e de perfeição das superfícies..... 76
3.2.4.11.5 Exigências de homogeneidade de enodoamento pela poeira..... 77
3.2.4.11.6 Exigências de homogeneidade de cor e brilho..... 77
3.2.4.12 Exigências de conforto táctil..... 78
3.1.4.13 Exigências de facilidade de limpeza e manutenção..... 79
3.1.4.13.1 Exigência de facilidade de limpeza..... 79
3.1.4.13.2 Exigências de facilidade de manutenção..... 80
3.1.4.14 Exigências de adaptação à utilização normal.. 80
3.1.4.14.1 Exigência de aptidão para fixar cargas suspensas..... 80
3.1.4.14.2 Exigências de aptidão para permitir a incorporação de instalações..... 81

3.1.4.14.3 Exigência de manutenção das características após acção dos choques de serviço..... 82
3.1.4.15 Exigências de durabilidade..... 83
3.1.4.16 Exigências de facilidade de transporte e armazenamento..... 84
3.1.4.16.1 Exigência de facilidade de transporte dos elementos..... 84
3.1.4.16.2 Exigência de aptidão para o armazenamento..... 84
3.1.4.17 Exigência de facilidade de montagem e desmontagem (divisórias amovíveis)..... 85

CAP. 4 - DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

4.1 Objectivo..... 89

4.2 Pesquisa bibliográfica..... 90

4.3 Terminologia e exemplos..... 91

4.3.1 Divisórias fixas..... 92
4.3.2 Divisórias desmontáveis..... 93
4.3.3 Divisórias amovíveis..... 93
4.3.4 Divisórias móveis..... 93
4.3.4.1 Divisórias de painéis móveis..... 95
4.3.4.2 Divisórias de painéis articulados rígidos..... 95
4.3.4.3 Divisórias de fole..... 97
4.3.5 Divisórias com estrutura independente e placas de revestimento..... 97
4.3.6 Divisórias de painéis prefabricados..... 98
4.3.6.1 Divisórias de placas de gesso cartonado sobre favo de cartão..... 98
4.3.6.2 Divisórias de painéis monobloco..... 101
4.3.6.3 Divisórias de painéis de madeira..... 101
4.3.6.4 Divisórias de painéis sanduíche..... 102
4.3.7 Divisórias com estrutura simples..... 102
4.3.8 Divisórias com estrutura dupla..... 104
4.3.9 Divisórias com revestimento simples, duplo e triplo ou superior..... 104
4.3.10 Divisórias com absorvente acústico fixado mecanicamente..... 109
4.3.11 Divisórias com absorvente acústico suspenso..... 109
4.3.12 Divisórias com estrutura à vista e cobre-juntas..... 109
4.3.13 Divisórias com estrutura oculta e junta aberta..... 111
4.3.14 Divisórias com estrutura oculta e cobre-juntas..... 111
4.3.15 Divisórias com juntas para revestir a argamassa..... 111

CAP. 5 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SISTEMAS DE DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

5.1 Avaliação da qualidade de soluções construtivas em edifícios..... 115

5.1.1 Apresentação do problema..... 115
5.1.2 Normalização 117
5.1.3 Homologação..... 119
5.1.4 Certificação..... 119
5.1.5 Certificação europeia..... 120

5.2 Metodologia de avaliação da viabilidade de sistemas de prefabricação parcial..... 122

5.2.1 Objectivo..... 122
5.2.2 Metodologia de avaliação de um sistema de prefabricação..... 123

5.3 Plano de avaliação da qualidade de divisórias leves prefabricadas não resistentes..... 125

5.3.1 Breve descrição..... 125
5.3.2 Plano de avaliação ao nível do ETAG/IPS 126
5.3.3 Plano de avaliação ao nível das Directivas UEAtc..... 133
5.3.4 Plano de avaliação ao nível da ISO 7360.2..... 135

CAP. 6 - CONCEPÇÃO DO SISTEMA MADLEVE

6.1 Metodologia usada na concepção do sistema MADLEVE 141

6.2 Formulação do problema..... 143

6.3 Concepção do sistema 147

6.4 Breve descrição do sistema MADLEVE 150

6.5 Justificação das soluções concebidas..... 151

6.5.1 Arquitectura-base e dimensionamento..... 151
6.5.2 Pré-avaliação do desempenho..... 154
6.5.2.1 Pré-avaliação do desempenho acústico..... 155
6.5.2.2 Pré-avaliação do desempenho mecânico..... 160
6.5.2.2.1 Características mecânicas dos materiais..... 160
6.5.2.2.2 Verificação da resistência..... 161
6.5.2.2.3 Avaliação da deformação..... 162
6.5.3 Pormenorização de ligações..... 163
6.5.3.1 Painel corrente..... 163
6.5.3.2 Ligações aos sub-sistemas periféricos..... 166
6.5.4 Pormenorização de situações especiais..... 166

6.5.5 Outros aspectos que foram objecto de análise..... 169
6.5.5.1 Tratamento de preservação..... 170
6.5.5.2 Acabamento das placas de MDF..... 171
6.5.5.3 Reacção ao fogo..... 172

CAP. 7 - AVALIAÇÃO DO SISTEMA MADLEVE

7.1 Avaliação técnica do sistema MADLEVE 175

7.1.1 Âmbito e objectivos de avaliação..... 175
7.1.2 Descrição das campanhas de ensaios efectuadas sobre protótipos do sistema MADLEVE 175
7.1.2.1 Cronologia..... 175
7.1.2.2 Fabrico dos protótipos 176
7.1.2.3 Montagem do protótipo para ensaios mecânicos..... 180
7.1.2.4 Pintura do protótipo para ensaios mecânicos 182
7.1.2.5 Ensaios realizados sobre o provete para ensaios mecânicos..... 182
7.1.2.6 Desmontagem do protótipo usado nos ensaios mecânicos..... 186
7.1.2.7 Montagem e desmontagem de protótipo usado nos ensaios acústicos 188
7.1.2.7.1 Primeira campanha de ensaios (Provete 1)..... 188
7.1.2.7.2 Segunda campanha de ensaios (Provete 2)..... 190
7.1.2.7.3 Terceira campanha de ensaios (Provetes 2.1 a 2.3 e 3 a 12)..... 190
7.1.2.8 Ensaios realizados sobre o protótipo para ensaios de isolamento sonoro 190
7.1.3 Resultados obtidos..... 192
7.1.3.1 Segurança contra incêndio - Resistência ao fogo..... 192
7.1.3.2 Segurança contra incêndio - Reacção ao fogo..... 194
7.1.3.3 Higiene, saúde e ambiente - Qualidade do ar.. 194
7.1.3.4 Higiene, saúde e ambiente - Presença de humidade..... 194
7.1.3.5 Segurança na utilização - Resistência mecânica e estabilidade - Resistência aos choques de segurança..... 194
7.1.3.6 Segurança na utilização - Aptidão para receber cargas excêntricas..... 196
7.1.3.7 Segurança na utilização - Segurança contra lesões corporais causadas por contacto físico com a parede..... 196
7.1.3.8 Protecção contra o ruído - Isolamento sonoro aos sons aéreos..... 197
7.1.3.9 Protecção contra o ruído - Absorção sonora.... 199

7.1.3.10 Economia de energia e isolamento térmico - Resistência térmica..... 200
7.1.3.11 Economia de energia e isolamento térmico - Transferência de vapor..... 201
7.1.3.12 Economia de energia e isolamento térmico - Permeabilidade ao ar..... 201
7.1.3.13 Economia de energia e isolamento térmico - Inércia térmica..... 201
7.1.3.14 Outros aspectos de aptidão ao uso - Robustez e rigidez - Resistência ao choque.... 202
7.1.3.15 Outros aspectos de aptidão ao uso - Perda de aptidão ao uso por acção de cargas excêntricas..... 202
7.1.3.16 Outros aspectos de aptidão ao uso - Perda de aptidão ao uso por acção de cargas pontuais paralelas ou perpendiculares à superfície da parede..... 203
7.1.3.17 Outros aspectos de aptidão ao uso - Rigidez de parede a aplicar em compartimentos húmidos..... 203
7.1.3.18 Outros aspectos de aptidão ao uso - Protecção contra a degradação causada por agentes físicos, químicos ou biológicos..... 204
7.1.3.19 Outros aspectos de aptidão ao uso - Aptidão para reutilização..... 204
7.1.3.20 Outros aspectos de aptidão ao uso - Aptidão para receber instalações embebidas..... 204
7.1.3.21 Exigências de verificação eventual - Acabamentos..... 205
7.1.3.22 Exigências de verificação eventual - Aspecto.. 205

7.2 Avaliação económica do sistema MADLEVE .....

7.2.1 Âmbito e objectivos..... 205
7.2.2 Avaliação dos custos de fabrico..... 206
7.2.3 Avaliação dos custos de montagem em oficina..... 208
7.2.4 Avaliação dos custos de montagem em obra..... 209
7.2.5 Avaliação dos custos de pintura em obra..... 210
7.2.6 Resumos de custos..... 212

7.3 Versão melhorada do sistema MADLEVE 215

7.3.1 Considerações gerais..... 215
7.3.2 Afinação da geometria e das juntas entre painéis 215
7.3.2.1 Dimensão da grade e das juntas entre painéis 215
7.3.2.2 Posição relativa de placas de MDF e grade..... 215
7.3.2.3 Pormenor da junta entre painéis..... 215
7.3.2.4 Prumo em lamelado colado..... 215
7.3.3 Novos módulos..... 215
7.3.3.1 Alteração do módulo de porta..... 215
7.3.3.2 Módulo de envidraçado..... 216
7.3.4 Aumento da facilidade de desmontagem do sistema..... 216
7.3.4.1 Nova sequência de montagem..... 216

7.3.4.2 Pregagem manual de placas em obra..... 216
7.3.5 Alteração de pormenores..... 216
7.3.5.1 Peças de ângulo saliente e reentrante..... 216
7.3.5.2 Remates com tectos e pavimentos..... 216
7.3.5.3 Fecho lateral..... 217

CAP. 8 - PRINCIPAIS CONCLUSÕES E LINHAS DE INVESTIGAÇÃO FUTURA

8.1 Reflexão sobre a viabilidade do sistema MADLEVE 221

8.2 Principais resultados obtidos com a investigação efectuada..... 223

8.3 Linhas de investigação futura..... 225

DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA REALIZADO COM BASE EM MADEIRA E DERIVADOS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAP. 2 - PREFABRICAÇÃO E SISTEMAS EM EDIFÍCIOS

Figura 2.1 Exigências de desempenho de um elemento de construção (Performance requirements) 20
Figura 2.2 Sistema de referência modular..... 28
Figura 2.3 Ligação de parede a tecto com parafuso ajustável (junta do tipo 1)..... 40
Figura 2.4 Parede de alvenaria de tijolos (junta do tipo 2)..... 40
Figura 2.5 Junta macho - fêmea (junta do tipo 3)..... 41

CAP. 3 - PAREDES INTERIORES NÃO RESISTENTES EM EDIFÍCIOS

Figura 3.1 Zona de conforto recomendada..... 67

CAP. 4 - DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

Figura 4.1 Divisória fixa..... 92
Figura 4.2 Divisória desmontável..... 94
Figura 4.3 Divisória amovível..... 95
Figura 4.4 Divisória de painéis móveis..... 96
Figura 4.5 Divisórias de painéis articulados rígidos..... 96
Figura 4.6 Divisórias de fole..... 97
Figura 4.7 Divisórias com estrutura interior em madeira..... 98
Figura 4.8 Divisória com estrutura interior em perfis de chapa zincada..... 99
Figura 4.9 Divisória de gesso cartonado sobre favos de cartão..... 100
Figura 4.10 Painel monobloco metálico..... 101
Figura 4.11 Divisória interior - Painel monobloco de madeira..... 103
Figura 4.12 Revestimento de painéis sanduíche (não autoportantes)..... 104
Figura 4.13 Divisória com estrutura dupla perfeita..... 105
Figura 4.14 Posição relativa do índice de isolamento sonoro aos sons aéreos (R_w) de divisórias com estrutura simples e com estrutura dupla..... 106
Figura 4.15 Exemplos de soluções de divisórias prefabricadas com revestimento duplo..... 107

Figura 4.16 Divisória com resistência ao fogo de 4 horas..... 108
Figura 4.17 Divisória com resistência ao fogo de 3 horas..... 110
Figura 4.18 Junta fechada entre placas de gesso cartonado..... 112

CAP. 5 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SISTEMAS DE DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

Figura 5.1 Avaliação da qualidade de soluções construtivas..... 115
Figura 5.2 Metodologia de concepção e avaliação de um sistema de prefabricação 124

CAP. 6 - CONCEPÇÃO DO SISTEMA MADLEVE

Figura 6.1 Metodologia usada na concepção do sistema MADLEVE 141
Figura 6.2 Princípios base da Arquitectura do sistema MADLEVE 152
Figura 6.3 Corte horizontal esquemático do painel corrente do sistema MADLEVE 153
Figura 6.4 Lei da massa..... 156
Figura 6.5 Modelo aplicado na avaliação das frequências de ressonância e de coincidência do sistema MADLEVE 157
Figura 6.6 R_w de soluções semelhantes ao sistema MADLEVE..... 159
Figura 6.7 "Timber stud partitions" da British Gypsum..... 160
Figura 6.8 Identificação do esforço sobre os parafusos usados na suspensão da carga de 4000 N..... 170

CAP. 7 - AVALIAÇÃO DO SISTEMA MADLEVE

Figura 7.1 Geometria do provete usado nos ensaios mecânicos..... 177
Figura 7.2 Geometria do provete usado nos ensaios acústicos..... 179
Figura 7.3 Pré-furação de peças de pinho..... 181
Figura 7.4 Corte das placas de fibra de vidro 181
Figura 7.5 Manuseamento das placas de MDF (sem selante)..... 181
Figura 7.6 Corte das placas de MDF..... 181
Figura 7.7 Montagem de grade de pinho 181
Figura 7.8 Pregagem pneumática das placas de MDF..... 181
Figura 7.9 Vista de um módulo corrente antes de pregar as últimas placas de lã de vidro..... 181
Figura 7.10 Aspecto das peças de esquadria revestidas a PKB2 agrafado. 183
Figura 7.11 Aspecto do módulo de acerto do provete usado nos ensaios mecânicos 183
Figura 7.12 Posicionamento de um montante de bordadura periférica 183
Figura 7.13 Aspecto de parte dos painéis e peças de esquadria (vistos pelo topo superior) 183
Figura 7.14 Corte em obra da abertura sobre placa de MDF para módulo de porta 183
Figura 7.15 Furação para fixação de frechal 185
Figura 7.16 Montagem do módulo M1 185

Figura 7.17 Montagem do módulo de porta 185
Figura 7.18 Montagem do módulo M2 185
Figura 7.19 Aspecto dos reforços para cargas excêntricas existentes no módulo M2 (esquerda) e M3 (direita)..... 185
Figura 7.20 Aspecto do prumo de ângulo..... 185
Figura 7.21 Acerto das placas de MDF a colocar em obra..... 187
Figura 7.22 Pregagem pneumática de placas..... 187
Figura 7.23 Aspecto dos orifícios causados pela pregagem após tomação. 187
Figura 7.24 Aspecto do provete após conclusão da montagem 187
Figura 7.25 Aspecto da tomação dos orifícios resultantes da pregagem 187
Figura 7.26 Aspecto da aplicação da primeira demão..... 189
Figura 7.27 Lixagem da primeira demão para permitir aderência da demão de acabamento..... 189
Figura 7.28 Ensaio de arrancamento em zona corrente (250 N)..... 189
Figura 7.29 Preparação da tinta de acabamento..... 189
Figura 7.30 Demão final de acabamento..... 189
Figura 7.31 Aspecto final do provete pintado..... 189
Figura 7.32 Ensaio de choque de corpo mole de 50 kg..... 189
Figura 7.33 Ensaio de carga vertical em zona corrente (500 N)..... 191
Figura 7.34 Ensaio de choque de corpo duro de 1kg..... 191
Figura 7.35 Ensaio de carga excêntrica de 500 N..... 191
Figura 7.36 Ensaio de carga excêntrica de 4000 N..... 191
Figura 7.37 Extensómetros montados para medir a deformação no tardoz do provete (Ensaios de carga excêntrica)..... 191
Figura 7.38 Transdutor indutivo para leitura de deformações resultantes das acções dos corpos de choque..... 191
Figura 7.39 Ensaio de carga excêntrica de segurança em zona corrente (1 kN)..... 193
Figura 7.40 sistema de aquisição de dados para registo de deformações.. 193
Figura 7.41 Ensaio de choque de corpo mole de 50 kg / 400 N sobre bordo livre..... 193
Figura 7.42 Aspecto de desmontagem de um painel..... 193
Figura 7.43 Corte de base de placa para permitir desmontagem do provete..... 193
Figura 7.44 Montagem de esquadria do provete destinado aos ensaios de isolamento sonoro..... 195
Figura 7.45 Montagem de painel M6..... 195
Figura 7.46 Colocação de tira resiliente no topo dos painéis..... 195
Figura 7.47 Deficiência no módulo de acerto do provete destinado aos ensaios de isolamento acústico 195
Figura 7.48 Aspecto dos provetes usados nos ensaios de reacção ao fogo depois de concluídos os ensaios..... 195
Figura 7.49 "Situações" de isolamento térmico existentes no painel corrente do sistema MADLEVE 200

CAP. 8 - PRINCIPAIS CONCLUSÕES E LINHAS DE INVESTIGAÇÃO FUTURA

Figura 8.1 Ligação com machos postiços..... 224

DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

CONCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA REALIZADO COM BASE EM MADEIRA E DERIVADOS

ÍNDICE DE QUADROS

CAP. 2 - PREFABRICAÇÃO E SISTEMAS EM EDIFÍCIOS

Quadro 2.1 Órgãos principais e secundários num edifício..... 15
Quadro 2.2 Exemplo de decomposição de um edifício em sub-sistemas de construção..... 17
Quadro 2.3 Dimensões modulares preferenciais..... 29
Quadro 2.4 Funções das juntas (agrupadas por grupos de funções semelhantes)..... 36

CAP. 3 - PAREDES INTERIORES NÃO RESISTENTES EM EDIFÍCIOS

Quadro 3.1 Classificação funcional de paredes interiores não resistentes 47
Quadro 3.2 Classificação de soluções de parede interior não resistente... 48
Quadro 3.3 Classificação de paredes interiores não resistentes - Soluções tradicionais com base em estrutura de madeira..... 49
Quadro 3.4 Classificação de paredes interiores não resistentes - Alvenarias..... 50
Quadro 3.5 Classificação de paredes interiores não resistentes - Divisórias leves prefabricadas..... 51
Quadro 3.6 Exigências de desempenho de paredes interiores não resistentes..... 54
Quadro 3.7 Resistência mecânica e estabilidade - Definição de categorias de uso de acordo com o ETAG/IPS 56
Quadro 3.8 Classes de resistência ao fogo de paredes interiores em edifícios de habitação 59
Quadro 3.9 Classes de reacção ao fogo de materiais a utilizar no revestimento de paredes interiores em edifícios de habitação..... 59
Quadro 3.10 Classes de resistência ao fogo de paredes interiores em estabelecimentos comerciais..... 59
Quadro 3.11 Classe de resistência ao fogo de paredes interiores em empreendimentos turísticos..... 60
Quadro 3.12 Valores "K_m" máximos e de referência para verificação automática do RCCTE e relativos a paredes (W / m².ºC)..... 66
Quadro 3.13 Isolamento aos sons aéreos em edifícios escolares..... 71
Quadro 3.14 Isolamento aos sons aéreos em compartimentos de edifícios escolares para deficientes auditivos..... 71
Quadro 3.15 Tempos de reverberação (Tr) em salas de edifícios escolares 72
Quadro 3.16 Tempos de reverberação (Tr) em salas de edifícios escolares para deficientes auditivos..... 72

Quadro 3.17 Classes de utilização associadas aos resultados dos ensaios de choque de corpo duro de 0,5 kg..... 82
Quadro 3.18 Classes de uso associadas aos resultados de choques de serviço com corpo mole de 50 kg..... 83

CAP. 4 - DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

Quadro 4.1 Divisórias leves prefabricadas - Exemplos de soluções..... 91

CAP. 5 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SISTEMAS DE DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

Quadro 5.1 Plano de avaliação ao nível do ETAG/IPS 127
Quadro 5.2 Plano de avaliação ao nível das Directivas UEAtc..... 133
Quadro 5.3 Divisórias leves prefabricadas - Exigências referidas na norma ISO 7360.2 e não referidas no ETAG/IPS e nas Directivas UEAtc..... 135

CAP. 6 - CONCEPÇÃO DE MADLEVE

Quadro 6.1 Concepção de Madleve - Lista de problemas a resolver..... 144
Quadro 6.2 Edifícios de habitação - Tipos de paredes..... 145

CAP. 7 - AVALIAÇÃO DE MADLEVE

Quadro 7.1 Ensaio de choque e de cargas suspensas - Síntese de resultados 184
Quadro 7.2 Terceira campanha de ensaios de isolamento sonoro - Características dos provetes e resultados obtidos 198
Quadro 7.3 Ficha de custos nº 1 - Preparação de peças de pinho da grade - Fabrico..... 206
Quadro 7.4 Ficha de custos nº 2 - Preparação de placas de MDF - Fabrico 207
Quadro 7.5 Ficha de custos nº 3 - Preparação de soleira e frechal - Fabrico..... 208
Quadro 7.6 Ficha de custos nº 4 - Montagem em oficina..... 209
Quadro 7.7 Ficha de custos nº 5 - Montagem em obra..... 210
Quadro 7.8 Ficha de custos nº 6 - Pintura em obra - 2 faces..... 211
Quadro 7.9 Sistema Madleve - Resumos de custos por tipos..... 212
Quadro 7.10 Sistema Madleve - Resumo de custos por recursos..... 213
Quadro 7.11 Sistema Madleve - Resumo de custos por recursos (excluindo pintura em obra)..... 214

SIMBOLOGIA

Símbolo	Designação
b	– menor dimensão do montante
c	– velocidade do som no ar (m / s)
c_1, c_2	– espessura das placas de MDF (m)
E	– diferença de cor
e_i	– espessura da placa (camada) i (m)
E_x	– módulo de elasticidade (N / m^2)
E_ρ	– padrão de cor
$E_{o,\ K50}$	– módulo de elasticidade paralelo às fibras (valor médio) (N / m^2)
E_T	– espessura total da parede (cm)
f	– frequência (Hz)
$f_{m,\ d}$	– resistência de cálculo à flexão estática (N / m^2)
$f_{m,\ k}$	– resistência característica à flexão estática (N / m^2)
$f_{r,\ d}$	– resistência de cálculo ao corte (N / m^2)
$f_{v,\ k}$	– resistência característica ao corte (N / m^2)
f_{ci}	– frequência de coincidência da placa i (H_z)
f_r	– frequência de ressonância (H_z)
f_{rci}	– frequência de ressonância de cavidade de ordem i (H_z)
h	– maior dimensão do montante; distância entre placas (m)
$1/h_i$	– resistência térmica superficial interior (m^2.ºC / W)
$1/h_e$	– resistência térmica superficial exterior (m^2.ºC / W)
H_r	– humidade relativa (%)
I_a	– índice de isolamento aos sons aéreos avaliado "in situ" (dB)
I_x	– momento de inércia (m^4)
K_i	– coeficiente de transmissão térmica médio da parede i (W / m^2.ºC)
K_m	– coeficiente de transmissão térmica médio da parede (W / m^2.ºC)
K_{mod}	– coeficiente de correcção
l	– vão (m)
M	– módulo-base = 10 cm
M_a	– massa unitária da parede (kg / m^2)
m_i	– massa unitária da placa i (kg / m^2)

Símbolo	Designação
M_o	– momento flector (Nm)
N	– esforço de arrancamento sobre um parafuso (N)
P	– acção (N)
R_{45}	– isolamento sonoro médio das paredes exteriores do edifício (dB)
R_w	– índice de isolamento aos sons aéreos avaliado em Laboratório (dB)
t_i	– temperatura do ar do ambiente interior (ºC)
Tr	– tempo de reverberação (s)
u	– flecha (m)
u_m	– flecha média (m)
V	– esforço de corte sobre um parafuso (N)
X_d	– valor de cálculo da variável X
X_k	– valor característico da variável X
W_x	– módulo de flexão (m^3)
α	– coeficiente de absorção sonora do revestimento da parede; depende da frequência f
α_m	– coeficiente de absorção sonora médio
ΔE	– diferenças em relação ao padrão da cor
$\Delta\rho$	– diferença de reflectâncias
γ	– coeficiente parcial
$\sigma_{m,d}$	– tensão média de cálculo à flexão estática (N / m^2)
λ_i	– condutibilidade térmica do material i (W / m.ºC)
θ_i	– temperatura superficial do paramento interior da parede (ºC)
ρ	– reflectância difusa
ρ_k	– massa volúmica característica
ρ_m	– factor de heterogeneidade da temperatura superficial
ρ_p	– reflectância-padrão
τ_d	– tensão de cálculo ao corte (N / m^2)
ν	– módulo de young

ABREVIATURAS

AICCOPN	– Associação de Industriais de Construção Civil e Obras Públicas do Norte
ASTM	– American Society for Testing and Materials
BRE	– Building Research Establishment
CAD	– Desenho Assistido por Computador
CATED	– Centre d'Assistance Technique et de Documentation
CEN	– European Committee for Standardization
CENELEC	– European Committee for Electrotechnical Standardization
CIB	– Conseil International du Bâtiment pour l'étude, la recherche et la documentation
CIE	– Comité International de l'Éclairage
CSTB	– Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CT	– Comissão Técnica de Normalização
CTCV	– Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro
CTICM	– Centre Technique Industriel de la Construction Métalique
DPC	– Directiva dos Produtos de Construção
DTU	– Document Technique unifié
EMB	– Euro MDF Board
EOTA	– European Organisation for Technical Approvals
ETA	– Aprovação Técnica Europeia
ETAG/IPS	– Guideline for European Technical Approval of Internal Partition Systems for use as non-loadbering walls
IPQ	– Instituto Português da Qualidade
ISO	– International Organization for Standardization
LNEC	– Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MDF	– "Medium density fiberboard"; Aglomerado de fibras de madeira
MOPU	– Ministério de las Obras Públicas y Urbanismo
OCS	– Organismo de Certificação Sectorial
ONS	– Organismo de Normalização Sectorial
RCCTE	– Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos edifícios
RGEU	– Regulamento Geral das Edificações Urbanas

RGR	–	Regulamento Geral sobre o Ruído
RILEM	–	Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais des Matériaux et des Constructions
SOCOTEC	–	Société de Contrôle Technique de la Construction
UE	–	União Europeia
UEAtc	–	Union Européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction

CAPÍTULO 1

FORMULAÇÃO, OBJECTIVOS E ESTRUTURA DO TRABALHO

1.1 Introdução

Neste trabalho estudam-se as divisórias leves prefabricadas consideradas como sistemas de prefabricação parcial.

Divisórias são paredes interiores de edifícios. Dizem-se leves todas as divisórias cuja massa unitária é inferior a cerca de 30 kg/m^2 e cujos componentes podem ser manuseados por um ou dois homens com um esforço físico aceitável. Divisórias prefabricadas são paredes realizadas a partir de componentes quase integralmente preparados em unidade industrial e que são montadas em obra com o recurso integral (ou quase integral) a acessórios de montagem e ferramentas que dispensam o recurso a operações de fabrico em obra.

Neste trabalho o "estado da arte" das divisórias leves prefabricadas é apresentado nos capítulos 2 a 4.

As divisórias leves prefabricadas podem ser resistentes ou não-resistentes. No contexto deste trabalho a designação "divisórias leves prefabricadas" inclui apenas as soluções não-resistentes.

A investigação efectuada consistiu essencialmente na concepção e avaliação da viabilidade de um sistema de divisórias leves prefabricadas realizado com base em madeira e respectivos derivados. O trabalho efectuado é sumariamente apresentado nos capítulos 5 a 7 segundo a metodologia habitual de concepção (capítulos 5 e 6) e experimentação/validação (capítulo 7).

No capítulo 8 apresentam-se as principais conclusões e linhas de investigação futura.

No presente capítulo faz-se uma apresentação geral do trabalho desenvolvido de modo a permitir caracterizar de uma forma sintética a investigação que lhe serviu de suporte.

Com esse objectivo apresentam-se nos sub-capítulos seguintes as linhas gerais do trabalho segundo o seguinte ordenamento:

- formulação da tese (1.2);
- âmbito do trabalho desenvolvido (1.3);
- objectivos do trabalho desenvolvido (1.4);
- justificação económica, social e científica da tese (1.5);
- bases do trabalho desenvolvido (1.6);
- breve descrição do trabalho (1.7).

1.2 Formulação da tese

O trabalho de tese que se desenvolveu assentou na seguinte formulação:

– *"É possível projectar um sistema de divisórias leves prefabricadas realizado com base em madeira e respectivos derivados do tipo simples, economicamente viável, com uma massa unitária reduzida e que tenha um nível adequado de desempenho em edifícios de habitação, comércio e serviços".*

Em relação à tese formulada convirá esclarecer o significado atribuído a algumas designações.

Em relação à designação *massa unitária reduzida* bastará garantir que a massa unitária do sistema (kg/m^2) é inferior a cerca de 30 kg/m^2. Normalmente, haverá que garantir, simultaneamente, que todos os seus componentes podem (atendendo às respectivas dimensões e massa) ser manuseados por um ou dois homens de robustez média com um esforço físico aceitável.

Da mesma forma, deverá entender-se por *economicamente viável* um sistema que tenha uma relação preço-qualidade aceitável para o utilizador.

Neste contexto, uma divisória do *tipo simples* será uma divisória em que pelo menos em algumas partes da parede existe uma continuidade mecânica permanente entre as suas duas faces opostas.

Ao nível do desempenho, entende-se que um *desempenho adequado* consiste no cumprimento integral dos Regulamentos aplicáveis e na verificação de valores minimamente satisfatórios de desempenho para todas as situações não cobertas regulamentarmente.

1.3 Âmbito do trabalho desenvolvido

Formulada a tese, aparece implícito o domínio sobre o qual foram realizados os trabalhos de pesquisa.

Os estudos incidiram sobre a prefabricação em edifícios.

Na área da prefabricação em edifícios restringiu-se o estudo de pormenor aos sistemas de prefabricação parcial leve.

Do conjunto dos sistemas de prefabricação parcial leve incidiu-se a análise apenas sobre os sistemas de divisórias leves prefabricadas. Do leque de soluções e materiais possíveis concentrou-se a análise nas divisórias leves prefabricadas realizadas com base em madeira e respectivos derivados.

Para permitir concretizar os sub-sistemas periféricos da divisória assumiu-se que o sistema em estudo deveria ser aplicado em locais onde os elementos (base, tecto e paredes da envolvente do edifício) situados na sua fronteira seriam obrigatoriamente do tipo rígido, ou seja que se apresentassem praticamente indeformáveis e permitissem uma boa fixação da divisória em estudo. Naturalmente que esta exigência não introduz limitações ao tipo de estrutura do edifício a considerar.

As estruturas dos edifícios poderão ser de qualquer tipo (betão armado, metálicas, madeira ou outras) desde que garantam uma adequada fixação rígida às divisórias.

1.4 Objectivos do trabalho desenvolvido

Para atingir o objectivo último de demonstrar a tese definiram-se alguns sub-objectivos que no seu conjunto permitiriam criar condições para esse efeito e que se enumeram em seguida:

- criar uma metodologia de avaliação de viabilidade técnica e económica de sistemas de prefabricação parcial leve;
- conceber um plano de avaliação da aptidão ao uso de sistemas de divisórias leves prefabricadas;
- conceber um sistema de divisórias leves prefabricadas realizado com base em elementos de madeira e respectivos derivados, modulado e com níveis de isolamento sonoro aos sons aéreos compatíveis com a regulamentação portuguesa aplicável (RGR);
- fabricar um protótipo do sistema concebido;
- realizar uma campanha de ensaios que permitisse avaliar tecnicamente o protótipo e daí deduzir o desempenho previsível do sistema;
- avaliar as exigências de desempenho do sistema apenas quantificáveis por cálculo ou julgamento de perito com base no desempenho do protótipo e nos elementos constantes da especificação técnica do sistema;
- avaliar economicamente o sistema concebido com base em dados resultantes dos trabalhos efectuados para preparar o protótipo.

Obviamente que para além dos sub-objectivos acima citados foi necessário realizar uma pesquisa bibliográfica exaustiva relacionada com os assuntos abordados na tese e que serviu de base ao trabalho desenvolvido.

O sistema de divisórias concebido recebeu a designação de *sistema de divisórias leves MADLEVE* ou mais abreviadamente *sistema MADLEVE*.

1.5 Justificação da tese

Procurou-se com este trabalho realizar investigação aplicada em assuntos que pudessem causar alguma repercussão na actividade económica do País. Procurou-se também desenvolver trabalho que pudesse contribuir de alguma forma para o desenvolvimento e dinamização da investigação aplicada em Portugal nas áreas em que se inclui o objecto da tese.

1.5.1 Justificação económica e social

As razões de ordem económica e social que estiveram na base da escolha do tema e âmbito da tese foram assim as seguintes:

- o facto de as soluções correntes de divisórias leves prefabricadas dos diversos tipos produzidas em Portugal terem um deficiente desempenho acústico materializado num relativamente baixo índice de isolamento sonoro aos sons aéreos (Ia);

- a necessidade de realizar investigação em soluções prefabricadas leves realizadas com base em madeira e respectivos derivados assente no facto de Portugal ser um país florestal e no facto de o mercado deste tipo de soluções ter um grande potencial de crescimento;

- a necessidade de encontrar para a madeira de pinho portuguesa e seus derivados produtos com maior valor acrescentado, aliás como preconizado por Porter no seu relatório sobre a "Estratégia para o desenvolvimento económico de Portugal";

- a necessidade de ajudar os industriais do sector da prefabricação realizada com base em madeira e respectivos derivados a resolver o problema do incumprimento da regulamentação portuguesa no domínio da Acústica.

1.5.2 Justificação científica

Quanto à justificação científica da tese podem-se citar as seguintes consequências mais relevantes da realização deste trabalho:

- dinamizar em Portugal a realização de estudos sobre prefabricação em geral e prefabricação leve em particular;

- incrementar em Portugal a realização de investigação fundamental associada a domínios relacionados com a prefabricação em edifícios de que se destacam os problemas das "juntas de construção em edifícios", a "visão sistémica de um edifício", as "tolerâncias de construção em edifícios", a "coordenação dimensional modular em edifícios" e a "teoria da integração de sub-sistemas de construção em edifícios";

- continuar a realizar experimentação na área do isolamento sonoro aos sons aéreos de paredes divisórias em edifícios na senda de investigação fundamental realizada pelo Prof. Martins da Silva e dos trabalhos realizados por A. P. Carvalho e J.J. Correia da Silva para as respectivas teses de Mestrado em Construção de Edifícios.

1.6 Bases do trabalho desenvolvido

O trabalho de investigação foi desenvolvido com base em bibliografia nacional e estrangeira de que se destacam:

- trabalhos publicados em Portugal na década de 70 por diversos autores de que se salientam Paz Branco [221, 258, 259, 260, 261], Teixeira Trigo [270, 271, 272], Nuno Portas [59] e Vasconcelos Paiva [241, 242];

- publicações estrangeiras de carácter geral nas áreas específicas da tese de acordo com os seguintes grandes grupos de bibliografia temática[1]:

  - Visão sistémica de um edifício;
  - Prefabricação em edifícios;
  - Coordenação dimensional modular em edifícios;
  - Tolerâncias de construção em edifícios;
  - Juntas em edifícios;
  - Paredes - classificação e exigências;
  - Divisórias leves prefabricadas;
  - Métodos de ensaio;
  - Legislação nacional e europeia aplicável;
  - Normalização e Certificação;
  - Acústica;
  - Madeira e derivados;
  - Bibliografia geral - outros temas.

- Documentos de Homologação nacionais e estrangeiros de soluções de sistemas de prefabricação (não necessariamente só de divisórias) leve realizados com base em madeira e derivados e publicações e relatórios do LNEC nesta área;

- informação comercial e técnica com origem nos fabricantes de materiais de construção e componentes de soluções de divisórias leves prefabricadas com base em madeira e derivados e materiais de construção necessários à produção do sistema MADLEVE;

- Regulamentos nacionais e normas nacionais e estrangeiras;

- dissertações de Mestrado publicadas em Portugal em áreas do domínio investigado, de que se destacam as teses publicados na FEUP, no âmbito do Mestrado em Construção de Edifícios, por A.P. Carvalho em 1988 e J.J. Correia da Silva em 1994 e relativas ao isolamento sonoro aos sons aéreos de divisórias em edifícios.

1.7 Breve descrição do trabalho

Este trabalho encontra-se organizado em 8 capítulos.

No capítulo 1 faz-se uma apresentação sintética de todo o trabalho desenvolvido.

Os capítulos 2, 3 e 4 constituem o que correntemente se designa por "estado da arte" no domínio investigado. O texto apresentado nesses capítulos assenta na bibliografia consultada e destina-se a servir de suporte genérico ao trabalho específico de investigação desenvolvido e que se descreve nos capítulos seguintes.

[1] As referências bibliográficas da tese estão organizadas por ordem alfabética de autores. Apresenta-se ainda uma lista temática de referências agrupadas de acordo com os items aqui referidos.

No capítulo 2 resumem-se os principais conceitos relacionados com a *prefabricação e sistemas em edifícios*. Apresenta-se uma reflexão sobre a situação da investigação em Portugal neste domínio e a principal terminologia associada. O objectivo do capítulo é o de fazer uma pequena síntese das principais noções e definições relacionadas com a prefabricação e os principais domínios científicos com ela relacionados e já atrás referidos.

No capítulo 3 faz-se a caracterização de alguns aspectos importantes das *paredes interiores não resistentes* em edifícios. Apresenta-se uma *classificação* e concretizam-se as *exigências de desempenho* mais importantes deste tipo de paredes.

No capítulo 4 descrevem-se de uma forma genérica as diversas soluções-tipo de *sistemas de divisórias leves prefabricadas* produzidas e comercializadas correntemente no mercado português. O objectivo é o de permitir fornecer uma base de comparação com a solução a conceber no âmbito desta tese.

No capítulo 5 apresentam-se as ferramentas utilizadas para guiar a concepção e avaliação do desempenho do sistema MADLEVE.

Começa-se por fazer uma breve síntese dos conceitos fundamentais associados à avaliação de soluções construtivas em edifícios incidindo nomeadamente nas áreas da *normalização*, *homologação* e *certificação* no domínio da construção de edifícios.

Apresenta-se em seguida uma *metodologia de avaliação da viabilidade de sistemas de prefabricação parcial leve* criada especialmente para suportar o trabalho desta tese. Embora tendo como objectivo final conceber uma metodologia aplicável às divisórias leves prefabricadas criou-se uma metodologia de avaliação de qualidade de sistemas de prefabricação parcial leve (metodologia mais geral). Concebeu-se uma metodologia mais genérica atendendo ao facto de não ser necessário especificar procedimentos aplicáveis apenas às divisórias leves prefabricadas.

Apresenta-se finalmente neste capítulo um *plano de avaliação da aptidão ao uso de sistemas de divisórias leves prefabricadas não resistentes*. O plano foi elaborado com base no "Guideline for European Technical Approval of Internal Partition Systems for use as non-loadbearing walls" (ETAG/IPS) [143], nas "Directivas comuns UEAtc para a homologação de divisórias leves" [206] e em diversa bibliografia agrupada na lista temática sob a designação "visão sistémica de um edifício". Concretizam-se para o caso das divisórias leves prefabricadas as exigências de desempenho apresentadas no capítulo 2 genericamente para paredes interiores não resistentes.

O capítulo 5 inclui assim informação que pode ser aplicada genericamente a todos os sistemas de prefabricação parcial leve (capítulo 5.2) e aos sistemas de divisórias leves prefabricadas (capítulo 5.3).

Os capítulos 6 e 7 tratam especificamente do sistema concebido.

No capítulo 6 justifica-se a *concepção do sistema MADLEVE*. Repescam-se as bases da concepção ao nível da investigação fundamental em Acústica, ao nível das soluções análogas e ao nível da normalização internacional. Explica-se a metodologia utilizada na concepção e apresentam-se os cálculos efectuados para

justificar a solução. Apresenta-se finalmente uma breve descrição do sistema concebido tendo como suporte a respectiva especificação técnica apresentada no anexo B. [2]

O capítulo 7 apresenta a descrição de todo o processo de *avaliação do sistema MADLEVE*. Foi seguido aproximadamente o plano apresentado no capítulo 5 no que diz respeito à avaliação técnica do sistema por ensaio, cálculo ou julgamento de perito e conceberam-se fichas de custos para permitir concretizar a avaliação económica do sistema.

Apresenta-se ainda no capítulo 7 a justificação das alterações efectuadas sobre a versão de "Ensaio" do sistema MADLEVE para a versão apresentada no anexo B (dita "Final").

Finalmente, no capítulo 8, encerra-se o presente trabalho com a apresentação das *principais conclusões* resultantes da investigação desenvolvida e a enumeração das principais *linhas de investigação* a desenvolver no futuro.

Como principais conclusões apresentam-se nesse capítulo uma reflexão sobre a viabilidade do sistema MADLEVE e o enunciado dos principais resultados e aspectos originais obtidos com a investigação efectuada.

[2] A especificação técnica apresentada (designada "Final") difere ligeiramente da especificação técnica usada para o fabrico do protótipo (designada "Ensaio"). Tal deve-se à necessidade de não sobrecarregar desnecessariamente este trabalho com duas versões do sistema muito semelhantes entre si. Apresenta-se em [12] versão seguida no fabrico do protótipo ("Ensaio").

CAPÍTULO 2

PREFABRICAÇÃO E SISTEMAS EM EDIFÍCIOS

2.1 Visão sistémica de um edifício

2.1.1 Objecto

Destina-se este sub-capítulo a apresentar os principais conceitos relacionados com a abordagem dos edifícios segundo uma perspectiva sistémica.

Com esse objectivo realizou-se uma pequena pesquisa bibliográfica que incidiu essencialmente sobre livros de carácter geral, comunicações a congressos e normas e especificações editadas em português, francês e inglês.

As referências mais importantes que serviram de base à elaboração deste texto incluem as publicações [146], [169], [175], [181], [266] e [269].

Merecem ainda referência especial as Especificações LNEC E326 e E327 publicadas em 1979 [202 e 203], uma publicação de Urien e outros nos "Cahiers du CSTB" em 1984 [234], as comunicações a um Congresso realizado em S. Paulo, Brasil, em 1994 [168], uma publicação sobre sistemas de construção editada pelo CATED em 1980 [66] e diversas outras publicações sobre o conceito de "performance" de que se destacam [15], [65], [81], [137], [138], [139], [224] e [239].

Foi ainda consultada e estudada uma versão preliminar de um documento sobre a possibilidade de atribuir Aprovações Técnicas Europeias a sistemas de construção que se encontra a ser elaborada por um grupo de trabalho da EOTA [144].

Para facilitar a consulta e utilização futuras resumem-se no anexo A as principais definições associadas à "visão sistémica de um edifício".

2.1.2 O conceito de sistema aplicado ao estudo dos edifícios

A designação *sistema* aplica-se a todas as situações onde pelo menos dois elementos são usados numa combinação particular. O Dicionário Longman - Dictionary of Contemporary English - (1987) define sistema como "um conjunto completo de coisas ou partes ligadas entre si ou um corpo organizado de coisas materiais ou não materiais".

De acordo com esta definição, um edifício é também um sistema na medida em que, embora a sua "organização" não seja muitas vezes óbvia, inclui um grande número de "coisas" ou "partes" ligadas entre si e é concerteza um conjunto organizado visto que as partes não se interligam entre si de uma forma aleatória sendo necessária a intervenção criativa do homem (através de um Arquitecto e de outros técnicos) para lhe conferir a organização que melhor se adequa aos fins para os quais o edifício se destina.

Um edifício é assim uma entidade complexa que se destina a satisfazer as necessidades dos respectivos utentes[1].

A associação a um edifício do conceito de sistema destina-se a permitir o seu mais fácil estudo, concepção e caracterização.

---

(1) Utente - pessoa, animal ou objecto que "utiliza" um edifício.

2.1.3 Órgão e sub-sistema

Quando encaramos um edifício como um sistema podemos dividi-lo em elementos mais simples sob duas perspectivas totalmente diferentes.

Quando pensamos no edifício como um conjunto de células individuais não sobrepostas e complementares entre si e que no seu todo definem o edifício, falamos numa abordagem celular do edifício e dizemos que os elementos mais simples (as células) em que o edifício está dividido são os seus *sub-sistemas* de construção.

Quando, por outro lado, encaramos o edifício do ponto de vista funcional falamos de órgãos do edifício e não de sub-sistemas. Um *órgão* de um edifício é então uma sua sub-divisão funcional que assegura uma ou mais das suas funções com características semelhantes e necessárias à satisfação das necessidades do utente. As necessidades do utente são normalmente designadas por *exigências funcionais*[(2)] do utente.

A decomposição em órgãos inclui normalmente os seguintes órgãos principais [175, 266, 269]:

- Estrutura;
- Envolvente exterior;
- Compartimentações exteriores à envolvente;
- Compartimentações interiores à envolvente;
- Instalações e equipamentos diversos.

A jusante desta definição dos órgãos principais pode-se considerar qualquer decomposição em órgãos secundários como por exemplo a indicada no Quadro 2.1.

O Quadro 2.1 apresenta ainda uma possível compartimentação dos órgãos principais de modo a permitir "catalogar" mais facilmente os órgãos secundários.

A decomposição funcional de um edifício é sobretudo importante para ajudar à sua mais adequada concepção arquitetónica. Relacionado com a decomposição funcional do edifício certos autores falam de *integração de sistemas em edifícios* ("building systems integration") [266].

Podemos definir integração de sistemas em edifícios como o conjunto de ferramentas de sistematização e análise que permitem conceber o edifício de tal forma que os seus órgãos se liguem entre si de modo a que as funções exercidas por cada um não sejam afectadas pela presença de outros e ainda de modo a conseguir a sua perfeita harmonia espacial.

Para o estudo e caracterização do edifício do ponto de vista económico ou tecnológico interessa-nos mais a abordagem celular.

(2) Exigência funcional do utente - necessidade do utente a satisfazer pelo edifício na sua globalidade ou em particular por um qualquer dos seus órgãos.

Quadro 2.1 - Órgãos principais e secundários num edifício (adaptado da norma ISO 6241 [175])

Órgãos principais		Exemplos de órgãos secundários
1. Estrutura	1.1 Fundação	Sapata; estaca
	1.2 Superestrutura	Pilar, parede resistente, laje, ...
2. Envolvente exterior	2.1 Envolvente enterrada	Fundação parede, desvão sanitário, pavimento térreo
		Aberturas, cobertura, pavimento sobre espaço exterior
	2.2 Envolvente acima do solo	Parede, cobertura, pavimento sobre espaço exterior
		Aberturas (porta, janela, clarabóia)
3. Compartimentações exteriores à envolvente	3.1 Divisões exteriores verticais	Parede, murete de varanda Aberturas (porta, grelha)
	3.2 Divisões exteriores horizontais	Pavimentos (terraço, varandas) Aberturas (alçapão)
	3.3 Escadas exteriores	Escada, rampa
4. Compartimentações interiores à envolvente	4.1 Divisões interiores verticais	Divisórias (parede, murete, estante, ...) Aberturas (portas)
	4.2 Divisões interiores horizontais	Pavimentos Aberturas
	4.3 Escadas interiores	Escada, rampa, ...
5. Instalações e equipamentos diversos	5.1 Águas e Saneamento	Distribuição de água Águas pluviais Saneam. (ág. sujas) Saneam. (ág. limpas)
	5.2 Ventilação e Aquecimento	Rede de distribuição de gás combustível Rede de distribuição de combustível líquido Equipamentos de produção de energia Rede de fluído térmico
	5.3 Distribuição de gás	Rede de distribuição de gás Rede de distribuição de ar comprimido
	5.4 Electricidade	Rede de alta tensão Posto de Transformação Rede de baixa tensão Equipamento de emergência - Gr. electrogéneo
	5.5 Telecomunicações e som	Rede de telefones Rede de intercomunicação Rede de rádio e TV Rede de som
	5.6 Transporte mecânico e electromecânico	Elevador Escada rolante/monta-cargas Equipamento de limpeza de fachadas Guinchos mecânicos
	5.7 Transporte gravítico e pneumático	Condutas de lixos Rede de limpeza automática por vácuo Condutas de roupa suja sistema de transporte pneumático
	5.8 Segurança	Iluminação de emergência Protecção contra incêndios (tubagem, depósito de emergência, alarme, detector de fumos) Protecção contra intrusão (alarme, detectores de intrusão) sistemas de controlo de acessos

Segundo a abordagem celular, quando pretendemos dividir um edifício em elementos mais simples falamos de "sub-sistema de construção", "elemento de construção" e "componente".

- *sub-sistema de construção*, como um conjunto coerente de elementos de construção que representa uma parte do edifício com características próprias e que lhe conferem uma certa identidade.

- *elemento de construção*, como um elemento constituinte de um sub-sistema de construção aplicado no seu local de utilização e realizado a partir de materiais simples, componentes e processos de construção[3];

- *componente*, como um produto produzido em unidade industrial a partir de diversos materiais simples e que se destina a ser incorporado num elemento da construção de acordo com processos de construção e montagem bem definidos;

O Quadro 2.2 apresenta um exemplo de decomposição de um edifício em sub-sistemas de construção. Esta decomposição não constitui mais do que um exemplo pois no fundo qualquer mapa de trabalhos e quantidades incluído no projecto de um edifício e que seja organizado em sub-sistemas e elementos de construção representa uma solução possível de decomposição. Atente-se, no entanto, a que normalmente não existe da parte do medidor que elabore esses mapas de trabalhos e quantidades qualquer preocupação de rigor organizativo o que leva a que quase sempre as soluções encontradas sejam híbridas da sub-divisão por "artes"[4] e da sub-divisão por elementos de construção.

A sub-divisão celular de um edifício não é necessariamente coincidente com a sua sub-divisão funcional. Assim, por exemplo, uma parede exterior será sempre um elemento constituinte da envolvente (abordagem funcional) mas poderá ser constituída por elementos de construção tratados separadamente como pano exterior de parede e pano interior de duplicação de fachada constituindo dois sub-sistemas distintos construídos habitualmente em fases diferentes da construção por pessoal com diferentes características. Tratados separadamente como dois elementos de construção distintos, os dois panos de parede deverão, no entanto, satisfazer em conjunto as exigências funcionais atribuídas ao órgão "envolvente exterior".

2.1.4 Exigências funcionais e exigências e especificações de desempenho

2.1.4.1 Objectivo

Associados aos conceitos de órgão e sub-sistema têm sido usadas com alguma insistência nos últimos 30 anos as designações *exigência funcional* (em inglês "functional requirement"), *exigência de desempenho* ("performance requirement") e *especificação de desempenho* ("performance specification").

[3] Processo de construção - conjunto de técnicas de produção aplicadas em obra ou em fábrica, envolvendo materiais, equipamentos, ferramentas, mão-de-obra e métodos de execução; um conjunto de processos de construção associados a um sub-sistema específico de construção constitui a respectiva tecnologia de execução.

[4] "Arte" - designação normalmente utilizada na construção civil para uma subespecialidade de trabalho que usa materiais, mão-de-obra, ferramentas e tecnologias de execução específicas.

Quadro 2.2 - Exemplo de decomposição de um edifício em sub-sistemas de construção (extraído de [23])

CÓDIGOS		SUB-SISTEMAS	ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO
1		MOVIMENTO DE TERRAS	
2		FUNDAÇÕES	
	2.1		Fundações propriamente ditas
	2.2		Pavimento térreo
	2.3		Paredes até ao pavimento térreo
3		SUPERESTRUTURA	
	3.1		Pilares
	3.2		Vigas
	3.3		Paredes
	3.4		Lajes e outros elementos
4		ALVENARIAS	
	4.1		Alvenarias interiores
	4.2		Alvenarias exteriores
5		COBERTURA	
	5.1		Estrutura da cobertura
	5.2		Revestimentos e outros elementos
6		VÃOS EXTERIORES	
	6.1		Guarnecimentos
	6.2		Caixilhos e portas (incluindo aros)
	6.3		Vidros
	6.4		Estores ou outras protecções
7		VÃOS INTERIORES	
	7.1		Aros
	7.2		Guarnecimentos
	7.3		Portas
8		REDE DE ÁGUAS	
	8.1		Canalizações
	8.2		Torneiras
9		INSTALAÇÕES DE ESGOTOS E VENTILAÇÕES	
	9.1		Fossa séptica
	9.2		Tubagem de esgoto e ventilação
	9.3		Outros elementos
10		INSTALAÇÃO ELÉCTRICA	
	10.1		Tubagem e caixas
	10.2		Enfiamentos
	10.3		Outros elementos
11		ELEVADORES	
	11.1		Portas e guias
	11.2		Cabine e máquinas
12		REVESTIMENTO DE ESCADAS E GALERIAS	
	12.1		Revestimento de degraus, patins e pavimentos
	12.2		Revestimento inicial de paredes e tectos
	12.3		Revestimento final de paredes e tectos
13		REVESTIMENTO INICIAL DE PAREDES E TECTOS	
	13.1		Rebocos interiores (ou rev. inic. int.)
	13.2		Rebocos exteriores (ou rev. inic. ext.)
14		REVESTIMENTO FINAL INTERIOR DE PAREDES	
	14.1		Lambris das zonas húmidas
	14.2		Restante revestimento interior das paredes
15		REVESTIMENTO FINAL INTERIOR DOS TECTOS	
16		REVESTIMENTO FINAL EXTERIOR	
17		REVESTIMENTOS INICIAIS DE PISOS	
18		REVESTIMENTO FINAL DE PISO DAS ZONAS SECAS	
19		REVESTIMENTO FINAL DE PISO DAS ZONAS HÚMIDAS	
20		EQUIPAMENTO DE COZINHA E LAVAGEM	
21		EQUIPAMENTO DE CASA DE BANHO	
22		DIVERSOS	
	22.1		Outras carpintarias
	22.2		Outras serralharias
	22.3		Outras cantarias
	22.4		Roupeiros
	22.5		Instalações de evacuação de lixos
	22.6		Instalação de gás
	22.7		Outros elementos
23		ARRANJOS EXTERIORES	

Estes conceitos têm sido usados em documentos de língua inglesa e francesa e também em diversas publicações em língua nacional (essencialmente trabalhos de tese de investigadores do LNEC) das mais variadas formas.

Destina-se este sub-capítulo a esclarecer os citados conceitos e a apresentar a forma como eles são utilizados neste trabalho.

2.1.4.2 Conceito de exigência funcional

Os edifícios devem possuir características que permitam satisfazer as necessidades dos seus utentes.

É normal designar as necessidades dos utentes do edifício por exigências funcionais do utente.

Para satisfazer as necessidades dos utentes o edifício deverá realizar todas as funções que permitam concretizar esse objectivo, ou seja, os diversos órgãos do edifício deverão realizar em conjunto as funções necessárias à completa satisfação das necessidades dos utentes.

Para facilitar a concepção arquitectónica associam-se por vezes aos diversos órgãos dos edifícios conjuntos de funções que deverão ser preferencialmente asseguradas por esses órgãos.

Essa associação de funções a órgãos de edifícios levou a alargar o conceito de exigência funcional a essas situações. Surge assim o conceito de exigência funcional aplicado a órgãos de edifícios como uma propriedade do órgão do edifício (estanquidade ao ar, isolamento térmico, ...) que permite avaliar de uma forma qualitativa ou quantitativa o comportamento de um determinado órgão de um edifício em fase de utilização.

O prolongamento do conceito de exigência funcional do utente aos órgãos dos edifícios não parece um procedimento muito correcto e explica que em muitas situações onde seria mais apropriado usar a designação "exigência de desempenho" se tenha utilizado o termo "exigência funcional".

Em língua portuguesa, o conceito de exigência funcional começou a ser divulgado no LNEC no final da década de 60. Ruy Gomes publicou em 1978 uma memória do LNEC [152] que traduzia na altura o estado da arte sobre o assunto.

2.1.4.3 Conceito de exigência de desempenho

O conceito de exigência de desempenho (em inglês "performance requirement") está intimamente relacionado com o aparecimento da designação "performance" para designar propriedades específicas de elementos ou sub-sistemas de construção.

A designação "performance" aplicada aos edifícios nasceu no fim da década de 60 e esteve na origem de dois trabalhos fundamentais referidos na Bibliografia:

- diversos documentos de "Performance requirements for ..." preparados pelo Governo inglês e de que se destaca neste trabalho a publicação referente a paredes interiores não resistentes [169], publicada em 1970;

- os "Guides des performances du bâtiment", belgas [269], publicados em 1980.

Cerca de 1980 foi criada no âmbito do CIB a Comissão W60 com o título "Performance Concept in Building" que se mantem em actividade.

Os investigadores associados à Comissão W60 estão na origem do desenvolvimento de diversa normalização internacional publicada pela ISO nas décadas de 80 e 90 e preparada pela sua Comissão Técnica 59 (TC 59).

O conceito de exigência de desempenho está assim relacionado com as publicações dos autores que integram os grupos de trabalho da ISO/TC 59 e a Comissão W60 do CIB.

No contexto das publicações desses autores, pode-se definir exigência de desempenho (de um elemento de construção) como um requisito que permite avaliar de forma qualitativa ou quantitativa o comportamento do elemento de construção em fase de utilização.

2.1.4.4 Conceito de especificação de desempenho

O conceito de especificação de desempenho (em inglês "performance specification") está associado ao conceito de exigência de desempenho.

A definição das exigências de desempenho de um elemento de construção que permitam satisfazer as necessidades dos utentes do edifício só é útil se for complementada pela caracterização de formas de averiguar se essas exigências são ou não cumpridas.

Na publicação [269], atrás referida, são apresentados para cada exigência de desempenho três novos conceitos que juntamente com a definição da exigência a permitem caracterizar completamente. Esses conceitos são os seguintes:

- o conceito de característica (grandeza que permite avaliar de forma qualitativa ou quantitativa o comportamento de um dado elemento de construção em fase de utilização);

- o conceito de modo de avaliação da característica (ensaio, cálculo ou julgamento de perito);

- o conceito de especificação de desempenho (valor concreto de uma avaliação de uma exigência de desempenho relativa a um determinado elemento de construção).

O desempenho de um determinado elemento de construção apenas ficará bem definido se caracterizarmos completamente para cada exigência os quatro

parâmetros referidos (definição, característica, modo de avaliação da característica, especificação).

A figura 2.1 esclarece o conceito de exigência de desempenho de um elemento de construção.

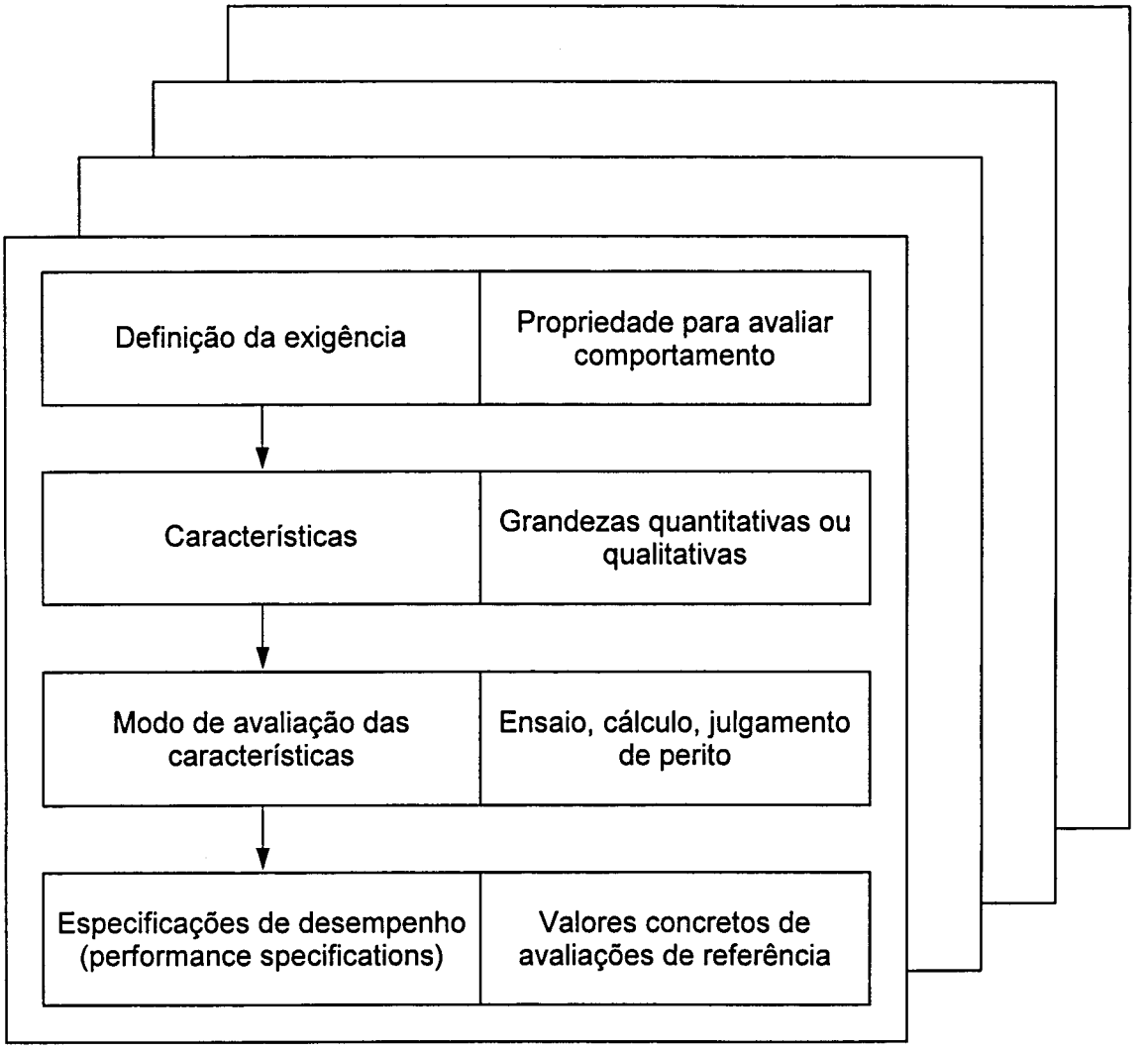


Figura 2.1 - Exigências de desempenho de um elemento de construção ("Performance requirements")

2.1.4.5 Conceito de "regras de qualidade" de um elemento de construção

O conceito de regras de qualidade está intimamente associado às Directivas UEAtc.

A UEAtc agrupa laboratórios, institutos de investigação ou organismos dedicados à homologação de produtos de construção de dezasseis[5] países europeus e produz Directivas desde 1963. Nessas Directivas as exigências[6] são divididas em três grandes grupos:

(5) Em 1995. Um dos países é observador (Roménia).

(6) Embora o original da Directiva não esclareça trata-se obviamente de exigências de desempenho.

- exigências de segurança;
- exigências de habitabilidade;
- exigências de durabilidade.

Para cada exigência definem-se as regras de qualidade do elemento de construção em estudo como um conjunto de requisitos a cumprir especificamente por esse elemento de construção do edifício com vista à verificação das necessidades do utente.

As regras de qualidade são descritas separadamente para cada um dos três grupos de exigências atrás referidas.

As Directivas são normalmente organizadas em quatro grupos de capítulos que a seguir se enumeram:

- Grupo 1: Terminologia;
- Grupo 2: Regras de qualidade (definição das exigências);
- Grupo 3: Determinação das características (descrição dos métodos de ensaio ou outras formas de avaliar as exigências);
- Grupo 4: Especificações (apenas em Directivas mais recentes, definição dos resultados que deverão ser obtidos nos ensaios de avaliação das características para que a homologação possa ser atribuída.

O conceito de regras de qualidade (de um elemento de construção), deverá assim ser entendido apenas como a definição das exigências de desempenho associadas ao elemento de construção em estudo.

2.1.4.6 Conceito de exigência essencial

Em 1988, a Directiva dos Produtos de Construção (DPC), publicada pela então Comunidade Económica Europeia (agora União Europeia), introduziu o conceito de exigência essencial.

As exigências essenciais, em número de seis, aplicam-se às obras e constituem o conjunto dos requisitos mínimos que as obras de construção (incluindo obviamente os edifícios) devem respeitar de modo a poderem ser consideradas aptas ao uso durante o período de vida para o qual foram concebidas. As exigências essenciais podem ser entendidas como exigências mínimas de desempenho das obras vistas na globalidade.

No sub-capítulo 5.1 analisa-se o conceito de exigência essencial num contexto de "certificação europeia".

2.2 Prefabricação em edifícios

2.2.1 Objecto

Resumem-se neste sub-capítulo os principais conceitos e definições relacionados com a prefabricação em edifícios.

Consultaram-se diversas referências nacionais e estrangeiras que se apresentam sumariamente em seguida.

A publicação em língua estrangeira utilizada como referência geral de consulta de conceitos associados à prefabricação leve é o livro "Lightweight building construction" [268] publicado por Gyula Sébestyen originalmente em húngaro em 1972 e cuja primeira edição em língua inglesa data de 1977. Como referências históricas fundamentais consultaram-se ainda dois livros de Meyer-Bohe [236, 237], editados originalmente em alemão em 1964 e 1967 e de que se consultaram as versões espanholas publicadas respectivamente em 1967 e 1969.

Na elaboração deste sub-capítulo seguiram-se fundamentalmente os trabalhos publicados em língua portuguesa por Teixeira Trigo e Paz Branco fundamentalmente na década de 70 e que são adiante referidos no texto.

Parte do texto incluído neste sub-capítulo já foi anteriormente publicado em [10].

Apresenta-se no anexo A um resumo das principais definições associadas à "prefabricação em edifícios".

2.2.2 Conceito de prefabricação

Segundo Teixeira Trigo [272], a prefabricação é uma das vias para a industrialização da construção. Segundo aquele autor a prefabricação não é mais do que "um conjunto de técnicas de construção que se baseiam na produção de elementos de construção fora dos seus locais de implantação definitivos, no estaleiro da obra ou fora dele, os quais são posteriormente ligados e montados na obra".

Podemos assim considerar a prefabricação como a produção de componentes para a obra ou seja no fundo como uma forma de introduzir na construção os princípios básicos da produção em série lançados por Henry Ford no princípio do século XX [267].

É importante ainda desenvolver um pouco mais o conceito de industrialização da construção. Ainda segundo Teixeira Trigo [271] a "prefabricação, a racionalização[7] e a mecanização [8] constituem as vias para a industrialização da construção".

---

[7] Racionalização da Construção - Conjunto de acções de organização, planificação e verificação visando o aumento do rendimento do sector de construção em conjunto e em particular de cada uma das suas actividades elementares.

[8] Mecanização da Construção - Substituição do homem pela máquina na realização de tarefas elementares de construção civil, visando a melhoria da produtividade e a melhoria da qualidade do trabalho realizado.

Industrialização deverá aqui ser entendida como "utilização das metodologias de produção das indústrias de unidade produtiva fixa".

Transcrevem-se nos parágrafos seguintes de diversas publicações de autores portugueses [220, 258, 260, 270, 271, 272] os principais conceitos e definições relacionados com a prefabricação em edifícios.

2.2.3 Prefabricação leve e prefabricação pesada

É corrente dividir-se a prefabricação em leve e pesada. A principal distinção entre estes dois tipos de prefabricação decorre do peso dos componentes prefabricados. Existindo sempre uma óbvia correlação entre o tipo de materiais usados e a respectiva massa associa-se usualmente a designação leve ou pesada aos materiais de base usados.

A *prefabricação pesada* está normalmente ligada à produção de elementos de construção prefabricados de betão armado e pré-esforçado, sendo corrente considerar como soluções de prefabricação leve, independentemente do respectivo peso, as soluções à base de outros materiais (aço em perfis e em chapa, alumínio em perfis e em chapa, madeira e derivados de madeira, placas de diversos materiais, materiais de isolamento térmico e acústico, vidro em chapa).

Sendo o tipo de material utilizado na prefabricação normalmente o principal critério "subjectivo" de classificação é no entanto vulgar associar o conceito de *prefabricação leve* às soluções cuja massa global por metro quadrado de construção aplicada não excedem os 100 kg/m^2. Para manter a coerência entre os dois critérios de classificação deverá ver-se este valor como um indicador da ordem de grandeza das massas envolvidas nas soluções prefabricadas leves.

2.2.4 Prefabricação ligeira

Alguns autores, como por exemplo Paz Branco [260], falam ainda *de prefabricação ligeira* como a produção de componentes de pequena dimensão para edifícios em condições de melhor qualidade e preço como resultado de realização de grandes séries. Como exemplo de soluções de prefabricação ligeira, de acordo com esta definição, podem-se citar os lanços de escada, as caixas de estore, as placas de betão para acabamento de coberturas visitáveis ou a realização de "kits" de redes de colectores de saneamento por compartimento incluindo tubagens pré-cortadas e acessórios. No fundo, qualquer solução de fabrico e colocação em obra que beneficie da produção em série e fora do local de utilização final do produto poderá ser considerada como uma solução de prefabricação ligeira.

2.2.5 Sistemas de prefabricação

Tal como em relação ao edifício na globalidade, também em relação à prefabricação se pode utilizar com vantagem o conceito de sistema. Aliás é corrente designar as soluções de prefabricação como "sistema de prefabricação" seguido da designação comercial respectiva.

Os principais conceitos associados aos sistemas de prefabricação são os de *sistema aberto*, *sistema fechado* e *prefabricação total* e *prefabricação parcial*.

Fala-se de um sistema aberto quando o fabricante admite a incorporação de materiais de construção e componentes produzidos por outros fabricantes e sem que o sistema defina exaustivamente as diversas soluções de montagem possíveis e os processos de construção a adoptar em cada caso. Fala-se de um sistema fechado quando os seus diversos constituintes (materiais de construção e componentes) e os processos de construção a aplicar são exaustivamente definidos. Além disso a entidade que está ou esteve na origem da concepção e comercialização do sistema responsabiliza-se de uma forma efectiva pela sua aplicação em obra e da mesma dá garantias.

Aliás, penso que só faz sentido falar em sistema no caso dos sistemas fechados, já que só nesse caso é possível identificar com algum rigor a solução em estudo. Será mais razoável deixar de falar em sistemas de prefabricação abertos e designar essas situações como "componentes" para determinado elemento de construção.

É também importante associar a um sistema de prefabricação o seu *grau de prefabricação*. Fala-se assim de sistema de prefabricação parcial sempre que se pretende referir um determinado sistema de prefabricação destinado a um único sub-sistema (ou elemento) de construção.

Quando o grau de prefabricação do edifício é bastante elevado fala-se de *sistema de prefabricação total* embora se saiba que, na prática, a prefabricação de elementos nunca atinge os 100%.

Entre os sistemas de prefabricação com maior interesse prático imediato para a construção contam-se os sistemas de prefabricação parcial leve. Estes sistemas, que deverão ser fechados, são concebidos por uma única entidade que poderá ou não fabricar alguns componentes. Essa entidade deverá conceber o seu sistema de uma forma completa e integrada. Deverá especificar completamente todos os materiais e componentes, estudar todos os tipos de soluções de junta ou ligação, especificar as tolerâncias de fabrico e montagem, estabelecer dimensões moduladas para os componentes e montar um esquema de controlo de tolerâncias que lhe permita fabricar, montar ou aplicar o sistema sem problemas. Os componentes do sistema deverão ser leves e permitir a montagem em obra por equipas de dois homens devendo o esforço físico a desenvolver ser inferior ao normalmente realizado na execução de soluções alternativas de construção tradicional.

A rentabilidade das soluções de prefabricação parcial leve pode ser aumentada com a utilização de componentes de grandes dimensões e com pesos compatíveis com a capacidade física de manuseamento de dois homens o que corresponde a grandes melhorias nos rendimentos unitários de montagem. Ganha-se assim em tempo de realização da obra, limpeza e custos de mão de obra. Estes ganhos deverão compensar os eventuais maiores custos relacionados com a utilização de materiais simples mais caros.

Os sistemas de prefabricação parcial leve deverão ser fechados de modo a permitir a responsabilização completa e inequívoca de uma entidade pela qualidade dos trabalhos, o que implicará obviamente que o sistema diga respeito a um

determinado sub-sistema completo de construção com fronteiras físicas bem definidas em relação aos sub-sistemas vizinhos.

2.3 Coordenação dimensional modular em edifícios

2.3.1 Objecto

A "coordenação dimensional modular" é uma das áreas de investigação fundamentais associadas à prefabricação. Pretende-se com este sub-capítulo apresentar uma reflexão sobre a situação em Portugal neste domínio e em simultâneo sintetizar a terminologia mais importante que lhe está associada.

Consultou-se como referência bibliográfica fundamental o documento [59] publicado por Byrne e Portas no LNEC em 1970.

Fez-se ainda uma compilação de normas nacionais e internacionais neste domínio de que se destacam as normas ISO 1791 [194], ISO 2848 [195], ISO 2777 [196], a norma BS 6750 [38] e a norma NP 88 [159].

Foram também analisadas com algum detalhe as actas de um Congresso organizado pelo CERIB e outros em 1990 [72].

Apresenta-se no anexo A uma resenha dos principais termos usados em "coordenação dimensional modular em edifícios". Foram traduzidos e adaptados de [194] e incluem as principais definições que constam da norma portuguesa NP 88 [159].

2.3.2 Definição e objectivos da coordenação dimensional modular

Segundo Nuno Portas [59], "a coordenação modular constitui uma disciplina dimensional que, com base num módulo, visa a obtenção de conjuntos de dimensões para os elementos de construção por forma que possam ser empregues em obra sem modificação posterior das suas dimensões de fabricação para efeitos de montagem".

O objectivo principal da coordenação dimensional modular é o de assegurar que diferentes equipamentos e componentes podem ser montados ou incorporados em obra de uma forma racional e que conduza a soluções esteticamente aceitáveis.

Dentro desse contexto a coordenação dimensional modular destina-se a simplificar e tornar mais económico o projecto e a construção de edifícios, normalizando as dimensões utilizadas de tal modo que os componentes prefabricados, equipamentos e/ou diferentes elementos de construção são compatíveis entre si quando montados em obra.

A coordenação dimensional modular baseia-se num sistema métrico de referência que usa como módulo-base M o valor de 100 mm. Este módulo-base aplica-se tanto à concepção dos espaços de um edifício como às dimensões e localização dos diversos componentes e elementos de construção do edifício.

A coordenação dimensional modular é assim uma metodologia dimensional padrão que se destina a racionalizar a concepção e construção de edifícios de modo a permitir aumentar o grau de industrialização da construção dentro de valores aceitáveis de liberdade de concepção arquitetónica.

Representa a base fundamental de racionalização que permite a aplicação à construção com algum êxito de técnicas de produção em série próprias de outros tipos de indústria.

2.3.3 Desenvolvimentos recentes da coordenação dimensional modular

Os trabalhos de Albert Farwell Bemis nos Estados Unidos nas décadas de 20 e 30 estão na origem do desenvolvimento que a coordenação dimensional modular experimentou no Século XX.

Nas décadas de 50 e 60 os trabalhos de Bemis foram amplamente estudados e desenvolvidos em toda a Europa Ocidental. Entre 1954 e 1961 a coordenação modular foi aplicada e testada em projectos piloto pela "European Productivity Agency" inseridos numa onda de grande solidariedade e cooperação internacionais que estiveram na base da criação dos grupos de investigação que após aquela data continuaram a pesquisa.

Quando os atrás referidos projectos acabaram alguns dos membros dos grupos de investigação fundaram o "International Modular Group" que mais tarde viria a transformar-se no grupo de trabalho W24 do CIB que tem desde aí agregado a investigação mundial mais importante nesta área do conhecimento. Com origem neste grupo de trabalho, durante as décadas de 70 e 80, foi feito um grande esforço de normalização no seio da ISO que uniformizou todos os conceitos que até então envolviam alguma dispersão.

A Alemanha e a Inglaterra publicaram respectivamente em 1984 e 1986 normas únicas de coordenação dimensional modular, a DIN 18000[9] e a BS 6750[10], que constituem as normas fundamentais de coordenação modular universalmente aceites. Os princípios gerais das duas normas são iguais apenas se diferenciando de forma mais importante no módulo-base utilizado. A BS 6750 [38] agrupa e actualiza em uma norma única a informação existente nas normas ISO produzidas entre 1970 e 1984.

Em Portugal foi publicada em 1956 uma norma muito genérica (NP 88) que sofreu ligeiras adaptações editoriais em 1991.

Desde a publicação por Byrne e Portas [59] em 1970 de um estado da arte da coordenação dimensional modular referido àquela data não têm sido efectuados quaisquer esforços no sentido de transpor para a normalização portuguesa as normas internacionais atrás referidas.

A ISO encontra-se neste momento a trabalhar na produção de uma norma única que agrupe e actualize as normas atrás referidas (ISO 1006, ISO 1040, ISO 1791, ISO 2848, ISO 6511, ISO 6512, ISO 6513, ISO 6514 e ISO 3881). Faz parte

(9) DIN. 18000 - "Modulordnung im Bauwesen", DIN, 1984.

(10) BS 6750 - "Modular coordination in Building", BSI, 1986.

também do programa de trabalhos do CEN a produção de normalização nesta área que provavelmente irá ser produzida em simultâneo (ou na sequência) com a referida norma ISO única.

2.3.4 Conceitos fundamentais da coordenação dimensional modular

Os conceitos fundamentais da coordenação dimensional modular são dois:

- a normalização geométrica;
- a normalização dimensional.

A normalização geométrica traduz-se na sujeição dos edifícios como um todo, e dos seus componentes e elementos de construção quando considerados individualmente, a um sistema geométrico de referência formado por planos (*planos de referência*) que se intersectam ortogonalmente formando uma malha tridimensional de referência. As distâncias entre os planos nas três direcções principais são definidas a partir do *módulo-base*[11] como *multi-módulos*[11] e *sub-módulos*[11] .

Os planos de referência definem espaços modulados que servem para orientar a implantação dos diversos componentes e elementos de construção do edifício.

Normalmente na concepção referenciam-se os elementos de construção aos eixos associados aos planos de referência ou em outras circunstâncias inscrevem-se os elementos nos espaços definidos pelos planos de referência.

A figura 2.2 ilustra o conceito de *sistema de referência*. Apresenta exemplos de representação segundo uma disciplina axial e segundo uma disciplina facial[12].

A normalização dimensional consiste na utilização de módulos retirados de um leque de dimensões pré-seleccionadas calculadas a partir de multi-módulos preferenciais do módulo-base M.

As dimensões preferenciais resultam (normativamente) dos multi-módulos 3 M até 60 M.

O Quadro 2.3 apresenta as dimensões preferenciais até 120 M em função de todos os multi-módulos de base.

Paralelamente os sub-módulos preferenciais são os que resultam da divisão do módulo-base por 2 e por 4.

A utilização de sub-módulos é essencial para permitir referenciar componentes com dimensões não coerentes com o sistema modular de referência.

Como atrás se refere, informação mais completa sobre este assunto pode ser retirada dos documentos [38] e [59] atrás citados.

---

(11) Para definições ver anexo A.

(12) O elemento é referenciado à fronteira dos espaços delimitados pelos planos de referência.

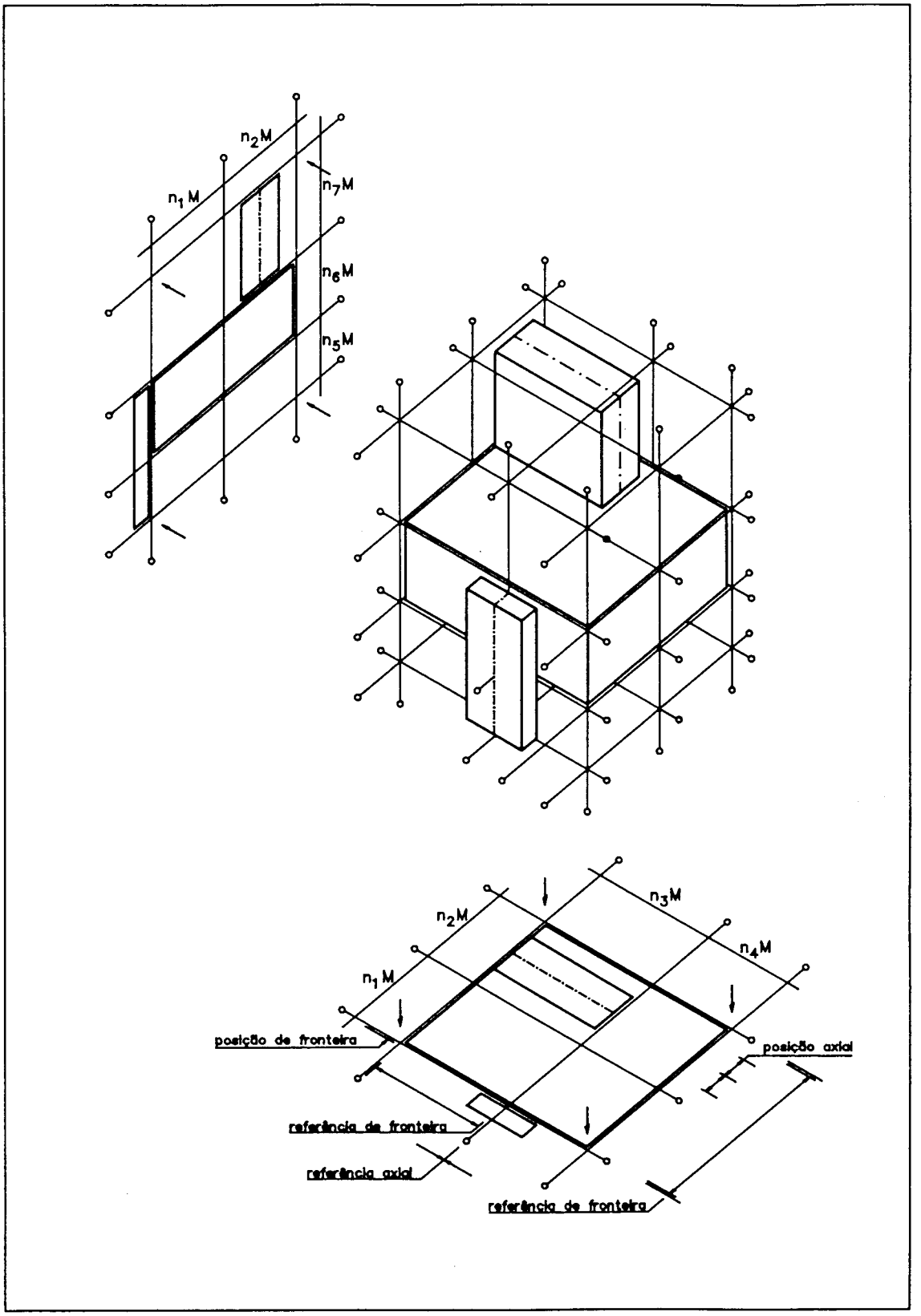


Figura 2.2 - Sistema de referência modular

Quadro 2.3 - Dimensões modulares preferenciais

	Multi-módulos						
	3 M	**6 M**	**9 M**	**12 M**	**15 M**	**30 M**	**60 M**
Dimensões modulares preferenciais	3 M						
	6 M	6 M					
	9 M		9 m				
	12 M	12 M		12 M			
	15 M				15 M		
	18 M	18 M	18 M				
	21 M						
	24 M	24 M		24 M			
	27 M		27 M				
	30 M	30 M			30 M	30 M	
	33 M						
	36 M	36 M	36 M	36 M			
	39 M						
	42 M	42 M					
	45 M		45 M		45 M		
	48 M	48 M		48 M			
	51 M						
	54 M	54 M	54 M				
	57 M						
	60 M	60 M		60 M	60 M	60 M	60 M
	63 M		63 M				
	66 M	66 M					
	69 M						
	72 M	72 M	72 M	72 M			
	75 M				75 M		
	78 M	78 M					
	81 M		81 M				
	84 M	84 M		84 M			
	87 M						
	90 M	90 M	90 M		90 M	90 M	
	93 M						
	96 M	96 M		96 M			
	99 M		99 M				
	102 M	102 M					
	105 M				105 M		
	108 M	108 M	108 M	108 M			
	111 M						
	114 M	114 M					
	117 M		117 M				
	120 M	120 M		120 M	120 M	120 M	120 M
	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.

2.3.5 Benefícios da coordenação dimensional modular

2.3.5.1 Benefícios gerais

O principal benefício resultante da coordenação dimensional modular é o facto de esta permitir melhorar de forma significativa a cooperação entre os projectistas, os

fabricantes de componentes, as empresas de construção e as autoridades públicas.

Permite atingir uma racionalização dimensional que conduz ao incremento da utilização de componentes prefabricados devido à diminuição do número de referências para cada produto.

Numa filosofia modular os componentes para edifícios podem ser produzidos em grandes quantidades sem necessidade de adaptações em fábrica ou em obra.

As operações de montagem em obra ficam simplificadas devido à racionalização das metodologias de implantação e controlo dimensional.

2.3.5.2 Benefícios no projecto de edifícios

A coordenação dimensional modular permite tratar o problema das tolerâncias e juntas construtivas de uma forma sistemática e racional conduzindo à melhoria da compatibilidade e qualidade das ligações entre componentes e elementos de construção e do respectivo desempenho funcional.

Com o recurso cada vez mais generalizado ao Desenho Assistido por Computador (CAD) a coordenação modular permite o aproveitamento integral de uma base de dados modular que facilite a análise da compatibilidade geométrica entre os diversos espaços projectados. Num universo modular o Arquitecto limita-se a juntar módulos volumétricos com diversas funções que no seu todo realizam as funções previstas para o edifício.

2.3.5.3 Benefícios no fabrico de componentes

A redução do número de dimensões possíveis para os espaços de um edifício permite às empresas que fabricam componentes reduzir custos e aumentar as possibilidades de aplicação de produtos manufacturados em série.

No fundo há benefício a todos os níveis do processo produtivo (encomendas de materiais simples, número de referências de materiais simples, processos de fabrico, manuseamento dos produtos em fábrica, dimensão da fábrica, distribuição e armazenamento, facturação e controlo de cobranças e controlo de qualidade em geral).

2.3.5.4 Benefícios na fase de execução da obra

A coordenação dimensional modular permite obter diversos benefícios na fase de execução da obra nomeadamente:

- reduzir quebras e desperdícios ao nível da utilização de componentes prefabricados;

- diminuir o tempo de execução devido à maior facilidade de realizar juntas e de controlar tolerâncias de fabrico e montagem;

- garantir a incorporação de componentes modulados diminuindo os riscos de sujeição a uma gama limitada de produtos disponíveis no mercado.

2.4 Tolerâncias de construção em edifícios

2.4.1 Objecto

Apresenta-se neste sub-capítulo um resumo dos principais conceitos e definições associados ao tema "tolerâncias de construção em edifícios".

As referências consultadas estão publicadas em língua inglesa e francesa e incluem as principais normas ISO publicadas sobre este assunto [182 a 193], uma publicação do CATED [70], duas publicações do CIB W49 e um documento publicado por Maison nos "Cahiers du CSTB" em 1983 [226].

Apresenta-se no anexo A uma resenha dos principais termos relacionados com o tema "tolerâncias de construção em edifícios". Foram traduzidos e adaptados de [182] e [183].

2.4.2 Formulação do problema

O problema do controlo de tolerâncias de fabrico e montagem de componentes industriais nasceu com a "Revolução Industrial". O que se passa nos edifícios não é muito diferente do que se passa ao nível da restante indústria.

Como avaliar, especificar e verificar tolerâncias de fabrico de componentes de edifícios?

Como implantar o edifício e que procedimentos de montagem e controlo adoptar para controlar a sua forma e dimensões, e garantir que as mesmas não se desviam muito do projectado?

Estas as duas principais questões relacionadas com o domínio das Tolerâncias de construção em edifícios.

O problema resulta da inevitável variabilidade dimensional de todos os objectos fabricados em série ou de forma artesanal e da também inevitável existência de desvios dimensionais com diversas origens que surgem ao longo da concretização das obras projectadas.

É corrente, [184], dividir os desvios dimensionais em dois tipos:

- os "desvios provocados";

- os "desvios inerentes".

A realização em estaleiro de um edifício à custa da montagem de diversos materiais e componentes de dimensões variáveis e recorrendo a diversas operações de

medição e colocação em obra pode conduzir a grandes desvios de dimensões e de forma da obra real quando comparada com a obra projectada.

Todos os procedimentos de medição, alinhamento ou montagem estão sujeitos a uma certa variabilidade devido à intervenção humana e aos limites dos instrumentos de medida. Essas variações dizem-se *desvios provocados*.

As variações resultantes de movimentos e modificações das dimensões dos materiais tendo como origem causas físico-químicas directamente relacionados com os processos de fabrico e as características intrínsecas dos materiais tais como por exemplo as variações resultantes da temperatura, humidade e ligações mecânicas conduzem aos *desvios inerentes*.

Os desvios provocados podem classificar-se da seguinte forma [184]:

- *desvios de fabricação*: desvios de dimensões e de forma que têm como origem o fabrico de componentes;

- *desvios de implantação*: desvios de dimensões e de posição que têm por origem a medição e implantação de dimensões em estaleiro;

- *desvios de montagem*: desvios de posição e de orientação que têm por origem a colocação em obra dos componentes em relação às referências de implantação nas 3 direcções ortogonais.

Em geral os desvios repartem-se sistematicamente em torno de um valor médio de acordo com a lei de Gauss.

As variações relativamente à lei normal resultam em geral de erros sistemáticos relacionados com os processos de fabrico, os instrumentos de medida ou as operações realizadas sobre controlo humano directo.

2.4.3 Objectivos do controlo de tolerâncias de construção em edifícios

Os efeitos dos desvios provocados e inerentes, tanto no que se relaciona com as dimensões de materiais e componentes como com a posição relativa dos mesmos e a forma e dimensões do edifício global, devem ser considerados na concepção dos edifícios, dos seus componentes e das suas juntas de forma a permitir garantir a qualidade final desejada para o edifício.

Os efeitos da variabilidade dimensional sobre os diversos níveis das exigências de desempenho do edifício e dos seus sub-sistemas devem ser controlados.

A título de exemplo apresentam-se alguns aspectos a controlar:

- Qualidade funcional dos espaços: a variabilidade dimensional pode afectar de forma inaceitável o desempenho funcional dos espaços por exemplo ao nível da horizontalidade ou verticalidade de superfícies e arestas;

- Eficácia das juntas: a variação da largura das juntas imputável aos desvios provocados e inerentes pode afectar o desempenho da junta de forma inaceitável;

- Estabilidade estrutural: certos desvios (como os resultantes por exemplo de retracção, fluência e variação de temperatura e humidade) podem por si só ocasionar esforços significativos sobre os elementos estruturais;

- Qualidade arquitetónica das soluções projectadas: os desvios de dimensões, forma e orientação dos componentes e dos espaços e as variações de largura das juntas podem ocasionar a necessidade de proceder à sua ocultação por razões estéticas.

O objectivo do controlo de tolerâncias em edifícios é assim o de permitir garantir que a solução projectada não se afaste de forma significativa da solução real em termos de forma e dimensões. A proximidade entre as duas soluções deve ser garantida através de procedimentos de controlo implementados ao longo de todo o processo.

2.4.4 Investigação no domínio das "tolerâncias de construção em edifícios"

Tendo sempre em vista o objectivo de controlo atrás referido, a investigação no domínio das tolerâncias de construção em edifícios processa-se neste momento a diversos níveis de que se destacam os seguintes:

- investigação fundamental no domínio da estatística e geometria relacionada com o tratamento de casos teóricos que permitam fornecer valores práticos de tolerâncias em diversas situações padrão;

- investigação aplicada com vista à definição de procedimentos normalizados de implantação e controlo dimensional de execução das obras que permitam que os desvios provocados se situem em níveis razoáveis;

- especificação de tolerâncias para todas as situações de construção de edifícios tanto ao nível dos materiais como da execução dos trabalhos.

2.4.5 Fixação de tolerâncias de construção em edifícios

As tolerâncias concretizam na fase de concepção os valores dos desvios provocados ou inerentes e permitem definir as dimensões efectivas de materiais, componentes e elementos de construção em edifícios dentro de determinados intervalos de variação considerados aceitáveis.

Resulta assim importante, tanto ao nível da indústria de materiais de construção e componentes como ao nível das empresas que se dedicam à construção de edifícios, dispôr de um conjunto de valores de tolerâncias-padrão que possam servir de guia a todos os intervenientes no processo.

Em Portugal, não existe qualquer ferramenta desse tipo que permita iniciar a implementação do processo de controlo de tolerâncias. O documento [70] apresenta para o caso francês uma resenha dos números mais importantes que são objecto de

normalização (publicados em normas francesas ou em D.T.U. - "Document Technique Unifié"). Até à utilização plena em Portugal das normas europeias harmonizadas em elaboração neste momento ao nível do CEN, o recurso a documentos desse tipo constitui a única via disponível para permitir resolver os problemas mais difíceis ao nível das tolerâncias.

2.5 Juntas de construção em edifícios

2.5.1 Objecto

Destina-se este sub-capítulo a sintetizar os principais conceitos e definições associados ao tema "juntas de construção em edifícios".

Com esse objectivo fez-se uma pesquisa de normas associadas tendo-se optado por considerar mais importantes as normas ISO publicadas sobre o assunto [197 a 201].

Apresenta-se no anexo A uma resenha da terminologia mais importante associada ao tema. Foi elaborada com base na tradução e adaptação da norma ISO 2444[13] [197].

2.5.2 Formulação do problema

Na prefabricação em geral, um dos problemas de maior importância a resolver é o problema das juntas entre componentes.

A melhor forma de resolver o problema das juntas (e eventualmente das ligações) entre componentes de edifícios consiste na definição de metodologias normalizadas para as conceber e executar. Essa normalização permite reduzir o leque de opções possíveis e contribuir para a abertura dos sistemas de componentes.

O tratamento do problema passa assim pela definição de regras gerais de desempenho de juntas que fornecerão a ferramenta-base de concepção e execução das juntas de construção em edifícios.

De modo a tornar mais funcional a utilização dessa informação a melhor forma de divulgar os avanços atingidos passa pela execução de normas ao nível nacional ou internacional.

Na pesquisa bibliográfica efectuada consultaram-se diversas normas estrangeiras.

Do leque de normas consultadas foi possível concluir que, à semelhança da área das tolerâncias em edifícios, a ISO dispõe de um conjunto importante de normas nesta área que representam a informação mais actualizada de utilização universal que existe sobre este assunto.

A investigação no domínio das juntas de construção em edifícios associa-se assim ao trabalho de normalização. Depois de alguns progressos nas décadas de 70 e 80

[13] ISO 2444 (1988) - "Joints in Building - Vocabulary".

assiste-se actualmente a uma certa apatia que justifica o não aparecimento de novos desenvolvimentos recentes na área.

2.5.3 Regras gerais de concepção de juntas de construção em edifícios

As considerações que se seguem têm por base a norma ISO 2445[14] [198]. Esta norma define os princípios gerais de concepção de juntas em edifícios.

Os princípios gerais de concepção versam sobre três grandes grupos de propriedades:

- propriedades geométricas;
- propriedades estruturais;
- propriedades ambientais.

Podemos distinguir entre dois tipos de juntas :

- as juntas entre componentes;
- as juntas entre as partes de um componente.

Embora os princípios gerais de concepção sejam em princípio apenas aplicáveis às juntas entre componentes, poderão (pelo menos em alguns aspectos) ser eventualmente aplicáveis às juntas entre as partes de um componente.

Em relação às propriedades geométricas das juntas, a especificação técnica da junta deverá incluir a definição objectiva dos seguintes aspectos:

- a posição dos perfis de junta de cada um dos componentes em relação com o plano de referência que define a junta comum;
- as dimensões da junta em função das posições relativas dos componentes a ligar e incluindo informação dos valores máximos e mínimos admissíveis da junta que permitam absorver os desvios que ocorrem no fabrico, implantação, montagem e comportamento em fase de utilização dos componentes; deverão assim ser definidos os valores das dimensões de trabalho da junta em função das dimensões previstas para os componentes a ligar;
- os produtos a usar no preenchimento das juntas e a sua relação com os perfis de junta.

Em relação às propriedades estruturais das juntas a referida norma define que as juntas deverão ser concebidas para todas as acções estáticas e dinâmicas que resultam da posição da junta no edifício e do período de vida útil dos componentes no edifício.

---

[14] ISO 2445 (1972) - "Joints in Building - Fundamental principles for design".

Finalmente, em relação às propriedades ambientais das juntas, a norma especifica que as juntas devem ser concebidas de modo a contribuir para que o conjunto formado pela junta e pelos dois componentes ligados atinja o desempenho pretendido. Em muitos casos isso implica uma adequada continuidade das propriedades técnicas especificadas originalmente para os componentes e para a junta durante a fase de utilização do edifício e tendo em conta as operações correntes de manutenção.

2.5.4 Lista geral de funções das juntas de construção em edifícios

A norma ISO 3447[15] [199] apresenta uma lista geral de funções das juntas em edifícios. Esta lista poderá ser usada para conceber juntas e/ou aferir da sua operacionalidade.

A fase inicial do processo de concepção de uma junta consiste na determinação das principais exigências de desempenho que lhe são exigíveis. A fase seguinte consiste na identificação das funções que a junta deve desempenhar de modo a satisfazer essas exigências, tanto as que se relacionam com a presença da junta propriamente dita como as que se relacionam com os componentes a unir.

Será sempre necessário considerar em simultâneo todas as exigências a satisfazer pela junta já que a eventual falha no desempenho de uma só exigência poderá ser suficiente para considerar a junta inapta para o uso.

A identificação do conjunto de funções que devem ser satisfeitas pela junta ficará simplificada se o projectista puder confrontar a sua lista com uma lista geral que cubra a generalidade das exigências a considerar nas situações correntes.

Apresenta-se no Quadro 2.4 uma lista de funções a satisfazer pelas juntas agrupadas de acordo com diversos aspectos a ter em conta na concepção. Qualquer junta deverá satisfazer apenas uma parte das funções enumeradas. No entanto, dado que a lista não é obviamente exaustiva o projectista poderá ter de identificar funções adicionais aplicáveis a uma dada situação específica.

Quadro 2.4 - Funções das juntas (agrupadas por grupos de funções semelhantes)

A - Controlo de acções ambientais

A1 - Controlar a passagem de vermes e insectos
A2 - Controlar a passagem de plantas, folhas, raízes, sementes e pólen
A3 - Controlar a passagem de pó e partículas inorgânicas
A4 - Controlar a passagem de calor
A5 - Controlar a passagem de som
A6 - Controlar a passagem de luz
A7 - Controlar a passagem de radiação
A8 - Controlar a passagem de ar e outros gases
A9 - Controlar a passagem de cheiros
A10 - Controlar a passagem de água, neve e gelo

[15] ISO 3447 (1975) - "Joints in Building - General check-list of joints functions"

Quadro 2.4 - Funções das juntas (agrupadas por grupos de funções semelhantes) (continuação)

A11 - Controlar a passagem de vapor de água
A12 - Controlar condensações
A13 - Controlar as emissões de ruídos
A14 - Controlar as emissões de odores

B - Capacidade para absorver esforços[16]

Resistir aos esforços em uma ou mais direcções devidos a:
B1 - compressão
B2 - tracção
B3 - flexão
B4 - corte
B5 - torção
B6 - vibrações (ou qualquer outro tipo de esforço capaz de produzir fadiga)
B7 - impacto
B8 - abrasão (indicar, para cada caso particular o tipo de acabamento)
B9 - retracção ou expansão
B10 - fadiga / envelhecimento
B11 - variações dimensionais associadas a alterações das condições de temperatura e humidade

C - Segurança

C1 - Controlar a passagem de fogo, fumo, gases, radiação e materiais radiactivos
C2 - Controlar o aparecimento de pressões positivas ou negativas associadas a explosões ou factores atmosféricos
C3 - Evitar o desenvolvimento de gases e fumos tóxicos em caso de fogo
C4 - Evitar o aparecimento e manutenção de microorganismos perigosos

D - Absorção de variações dimensionais

D1 - Absorver variações nas dimensões da junta durante o processo de montagem, devido a desvios relacionados com o fabrico nas dimensões e posições dos componentes da junta (desvios provocados)
D2 - Absorver mudanças contínuas nas dimensões da junta relacionadas com aspectos térmicos, humidade e movimentos estruturais, vibração e "retracção" (desvios inerentes)

E - Fixação dos componentes

E1 - Suportar os componentes ligados em uma ou mais direcções
E2 - Resistir à deformação diferencial dos componentes a ligar
E3 - Permitir a operação de componentes móveis

F - Aspecto

F1 - Ter aspecto aceitável
F2 - Evitar o desenvolvimento de plantas

[16] Tanto durante a montagem como em serviço.

Quadro 2.4 - Funções das juntas (agrupadas por grupos de funções semelhantes) (continuação)

F3 - Evitar mudança de cor associada a aspectos biológicos, físicos ou acção química
F4 - Evitar que fique à vista qualquer estrutura interna dos componentes
F5 - Evitar a acumulação de poeiras

G - Economia

G1 - Ter custo inicial conhecido
G2 - Ter depreciação conhecida
G3 - Ter custos de manutenção e/ou substituição conhecidos

H - Durabilidade

H1 - Ter um período de vida útil mínimo especificado tendo em conta a ocorrência de factores cíclicos (variabilidade cíclica das acções)
H2 - Resistir aos estragos provocados por vandalismo ou desmontagem não autorizada realizada por homens
H3 - Resistir à acção de animais e insectos
H4 - Resistir à acção de plantas e microorganismos
H5 - Resistir à acção de água, vapor de água e soluções ou suspensões aquosas
H6 - Resistir à acção do ar poluído
H7 - Resistir à acção da luz
H8 - Resistir à acção da radiação (qualquer outra diferente da radiação luminosa)
H9 - Resistir à acção do congelamento da água
H10 - Resistir à acção de temperaturas extremas altas e baixas
H11 - Resistir à acção de vibrações provocadas por movimentos estruturais ou de ar (vento e/ou corrente de ar), ondas de choque ou altas intensidades sonoras
H12 - Resistir à acção de ácidos, bases alcalinas, óleos, gorduras e solventes
H13 - Resistir a acções de abrasão

J - Manutenção

J1 - Permitir a desmontagem e montagem parcial ou completa
J2 - Permitir a substituição de materiais de junta obsoletos

K - Condições ambientais de serviço

K1 - Desempenhar as funções exigidas para um dado intervalo de temperaturas especificado
K2 - Desempenhar as funções exigidas para um dado intervalo de humidades atmosféricas especificado
K3 - Desempenhar as funções exigidas para um dado intervalo de diferenciais de pressões de gases ou de líquidos especificado
K4 - Desempenhar as funções exigidas para um dado intervalo de dimensões de junta especificado
K5 - Especificar se os materiais de junta têm influência sobre:
a) insectos
b) plantas
c) microorganismos
d) água

Quadro 2.4 - Funções das juntas (agrupadas por grupos de funções semelhantes) (continuação)

e) gelo
f) neve
g) ar poluído
h) matérias sólidas

K6 - Desempenhar as funções exigidas para determinados volumes e caudais de chuva incidente

É na síntese final da concepção da junta que a realização simultânea das funções da junta aparece evidente de modo a que uma parte da junta poderá ter de realizar diversas funções e, simultaneamente, impedir ou prevenir a satisfação de outras.

2.5.5 Tipos de juntas de construção em edifícios

A classificação das juntas por tipos que a seguir se apresenta baseia-se na maior ou menor possibilidade das juntas absorverem variações dimensionais durante a construção.

As considerações que se seguem têm por base a norma ISO 7727[17] [201].

Em regra, as dimensões dos componentes de edifícios não poderão ser corrigidas durante ou após a montagem. As variações próprias dos componentes ou as que ocorrem durante o fabrico e montagem, bem como os desvios que resultam de movimentos do edifício (assentamentos, deformações estruturais ou movimentos de origem térmica), devem por esse motivo ser absorvidas nas juntas.

De acordo com este critério as juntas classificam-se em três tipos:

- juntas do tipo 1 - são juntas que podem absorver de forma satisfatória todos os desvios dimensionais relacionados com um dado componente;

- juntas do tipo 2 - são juntas que podem absorver todos os desvios dimensionais até uma dada extensão limite;

- juntas do tipo 3 - são juntas que não podem absorver desvios dimensionais sem serem de alguma forma funcionalmente afectadas.

Apresentam-se em seguida exemplos destes 3 tipos de juntas.

A figura 2.3 apresenta um corte esquemático de um componente de parede com fixação superior por porca ajustável. É o exemplo de uma junta do tipo 1. A possibilidade de ajuste do parafuso e da porca está relacionada com a altura da junta de modo a permitir absorver variações dimensionais ao nível dos pavimentos superiores e inferiores, onde a divisória está ligada.

[17] ISO 7727 (1984) - "Joints in Building - Principles for jointing of building components - Accommodation of dimensional deviations during construction".

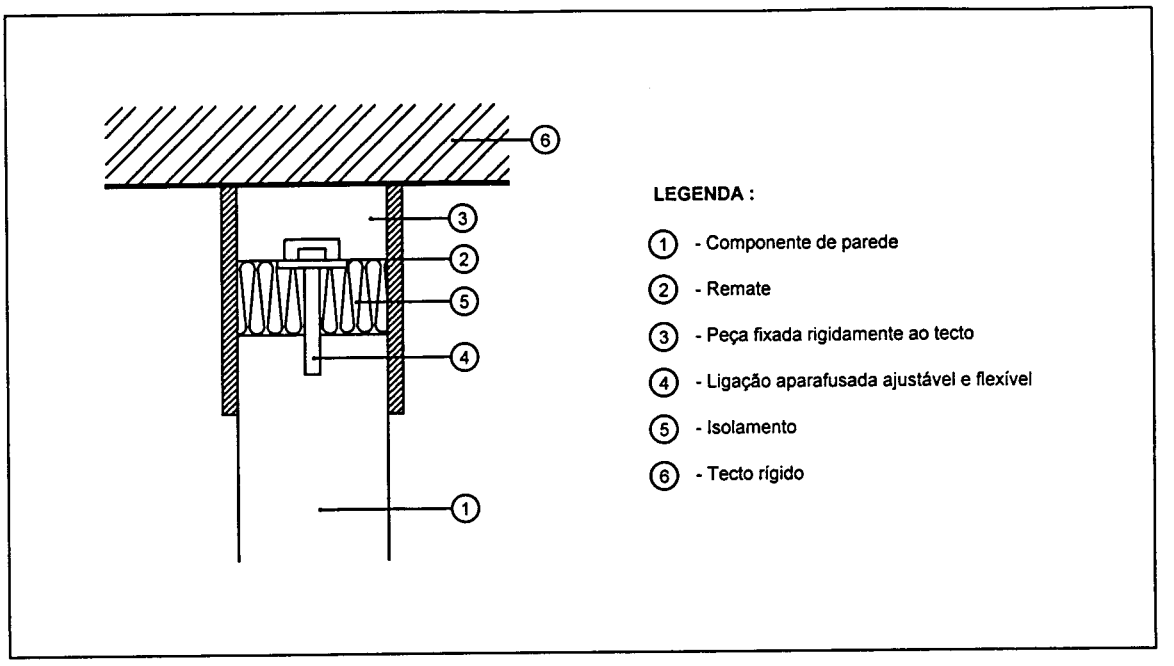


Figura 2.3 - Ligação de parede a tecto com parafuso ajustável (junta do tipo 1)

A figura 2.4 apresenta uma situação de parede de alvenaria de tijolo. É o caso típico de uma junta do tipo 2. As juntas de argamassa neste tipo de alvenarias podem em certa medida compensar as variações dimensionais dos blocos cerâmicos. Existem todavia limites para as dimensões máximas e mínimas das juntas recomendáveis em função do tipo de bloco.

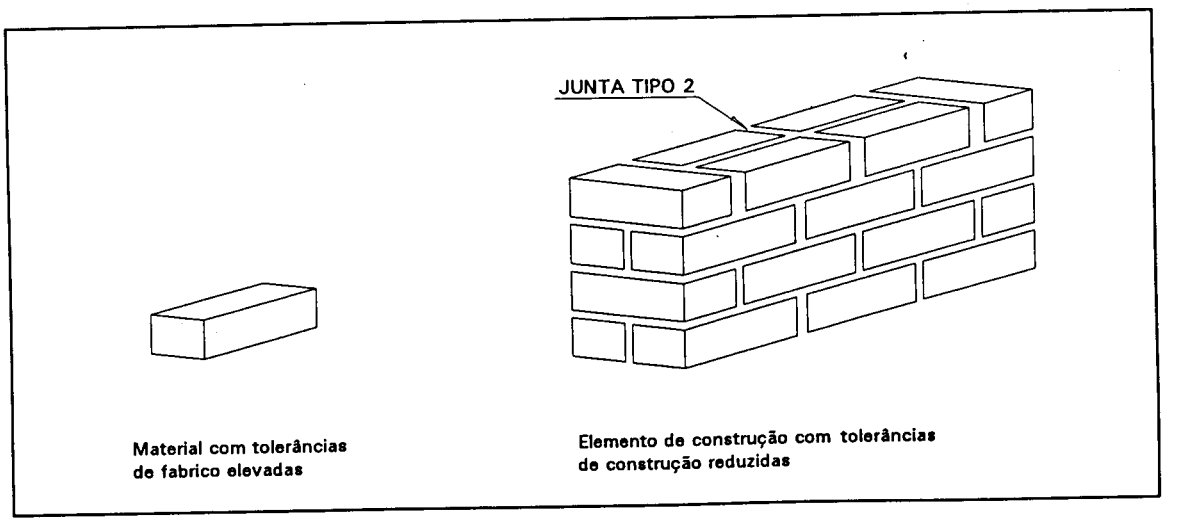


Figura 2.4 - Parede de alvenaria de tijolos (junta do tipo 2)

A figura 2.5 apresenta uma situação de junta macho - fêmea executada por exemplo em pavimentos de tacos de madeira. Como regra geral em pavimentos de madeira realizados com tábuas de grandes dimensões sobre reticulado de fixação também de madeira utiliza-se este tipo de juntas que não permitem a absorção de variações dimensionais da largura das réguas sem afectar pelo menos o aspecto estético do pavimento.

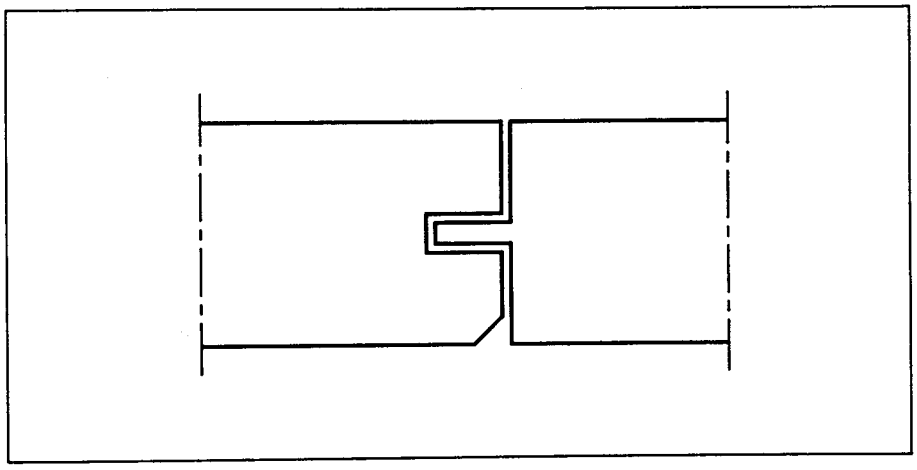


Figura 2.5 - Junta macho - fêmea (junta do tipo 3)

CAPÍTULO 3

PAREDES INTERIORES NÃO RESISTENTES EM EDIFÍCIOS

3.1 Classificação de sistemas de construção de paredes interiores não resistentes

3.1.1 Objectivo

Quando nos referimos de uma forma abstracta a um sub-sistema de construção, poderemos beneficiar do facto de termos previamente feito um esforço de síntese destinado a "arrumar" e classificar toda a informação disponível. O objectivo da classificação de um sub-sistema pode ser então entendido como o de sintetizar, arrumar e catalogar as diversas opções possíveis de modo a permitir uma rápida análise do leque de soluções à disposição de projectistas e construtores.

Pretende-se com este sub-capítulo situar de uma forma precisa as soluções prefabricadas leves em geral, e em particular as divisórias "desmontáveis"[1] no contexto global das soluções de parede interior não resistente aplicadas correntemente no nosso país.

3.1.2 Pesquisa bibliográfica

Com vista a apoiar a realização deste sub-capítulo consultaram-se essencialmente referências de carácter geral sobre paredes dos diversos tipos.

Como principais textos de carácter geral consultaram-se as publicações [3], [21], [24], [78] e [275].

Do leque de publicações dedicadas exclusivamente a paredes de edifícios de diversos tipos destacam-se as referências [69], [131], [157] e [221].

Fez-se ainda uma pesquisa de publicações em língua francesa e inglesa sobre construções cujas paredes são realizadas à base de estrutura de madeira.

Das publicações consultadas destacam-se o documentos [13], [50], [51], [60], [67], [68] [73], [75], [150], [238], [263], [273] e [274]. Em diversas destas publicações foi possível encontrar informação relacionada com paredes de madeira realizadas com diversas tecnologias com diferentes graus de prefabricação desde o totalmente feito no local de obra até ao quase totalmente prefabricado.

A classificação de "divisórias leves prefabricadas" que agora se apresenta já foi anteriormente apresentada com ligeiras diferenças na publicação [9].

3.1.3 Definição do sub-sistema "paredes interiores não resistentes"

O objecto de estudo deste trabalho é o conjunto de soluções de parede normalmente designadas em conjunto como divisórias leves prefabricadas. Estas

---

[1] Na norma BS 5234.1 ("Partitions - Code of pratice for design and installation") é feita a distinção entre "relocatable partition" e "movable partition". Adoptou-se neste trabalho a tradução de "parede divisória desmontável" para o primeiro caso e de "parede divisória amovível" para o segundo. Embora a tradução no segundo caso seja já utilizada sem restrições, a designação "desmontável" carece de aplicação prática corrente. No documento ETAG/IPS/IPS, a este tipo de divisórias, aplica-se a designação de "movable partition" com o mesmo significado.

divisórias, concebidas ou não sob a forma de sistema, constituem soluções concretas para o sub-sistema paredes interiores não resistentes.

Seguindo a filosofia celular apresentada no capítulo 2 é importante definir as fronteiras da célula. É o que se faz nos parágrafos seguintes.

Os sub-sistemas que fazem fronteira com as paredes interiores não resistentes são, numa abordagem simplificada, três:

- a estrutura resistente;
- a envolvente vertical exterior não resistente;
- os revestimentos e acabamentos de paredes.

Para efeitos da classificação que se segue, admitiu-se que todas as paredes incluídas no âmbito da definição são não-resistentes estando as paredes resistentes incluídas no sub-sistema estrutura.

No que diz respeito aos pontos de contacto com a envolvente vertical exterior, admitiu-se que as paredes de duplicação de fachada estão incluídas no objecto de estudo já que é habitual diferenciar do ponto de vista construtivo os dois panos de parede, sobretudo quando recorrem a soluções tecnológicas distintas (por exemplo, o interior prefabricado leve e o exterior em alvenaria).

Assim, para efeitos de classificação, considerou-se incluído na designação paredes interiores não resistentes o pano interior não resistente das paredes exteriores.

É muito importante esclarecer que do ponto de vista funcional não faz sentido falar em parede de duplicação de fachada já que o orgão "envolvente exterior", na sua parte opaca, é composto pelo conjunto dos panos exterior e interior da parede e o desempenho associado só pode ser estudado na globalidade.

Finalmente considerou-se ainda que os revestimentos e acabamentos de paredes interiores constituem um sub-sistema separado já que são muito abundantes as soluções de revestimento disponíveis e é normal separar tecnologicamente (e até em termos de mercado) o "tosco" da parede do seu revestimento. Obviamente que haverá soluções de parede que dispensam a aplicação posterior de revestimento mas, embora podendo influenciar decisivamente qualquer eventual análise comparativa técnico-económica, esse facto é irrelevante do ponto de vista de classificação.

Para efeitos de classificação admitiu-se então que o sub-sistema "paredes interiores não resistentes" não inclui os revestimentos de paredes e inclui o pano interior das paredes exteriores.

3.1.4 Critérios a utilizar

Quando se pretende classificar um sub-sistema de um edifício pode-se tentar resolver o problema seguindo diversos critérios. Os critérios a adoptar bem como a forma de apresentação da classificação dependerão dos objectivos pretendidos.

Um primeiro critério aplicável às diversas soluções tecnológicas alternativas prende-se com as características de desempenho a exigir à parede em função da sua localização e das funções de compartimentação concretas a realizar pela parede. De acordo com este critério, as paredes interiores não resistentes podem ser decompostas em paredes de separação de espaços, paredes de simples compartimentação de espaços e paredes de duplicação de fachada[2] (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 - Classificação funcional de paredes interiores não resistentes

CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL	paredes de separação de espaços
DE PAREDES INTERIORES	paredes de simples compartimentação de espaços
NÃO RESISTENTES	paredes de duplicação de fachada

As paredes de simples compartimentação de espaços são as paredes divisórias interiores não resistentes que realizam a compartimentação de espaços dentro do mesmo fogo ou área comum do edifício.

As paredes de separação de espaços são as paredes que separam espaços pertencentes a diferentes proprietários ou estes das zonas comuns do edifício. São exigíveis a este tipo de paredes diferentes níveis de desempenho (essencialmente ao nível de segurança contra incêndio e conforto acústico) em função dos espaços que separam.

As paredes de duplicação de fachadas são os elementos de construção que forram as fachadas pelo interior de modo a melhorar o desempenho da parede exterior na globalidade do ponto de vista térmico, acústico ou de protecção contra a propagação da humidade exterior. Esta definição admite que a parede tem resistência mecânica própria não necessitando do pano exterior para assegurar a sua estabilidade mecânica. A ligação eventual entre os dois panos de parede não é essencial para a resistência mecânica de qualquer dos panos da parede.

Para além desta classificação, mais associada às características de desempenho a exigir das paredes em função da sua localização, muitos outros critérios poderão ser seguidos como base para a classificação.

Entendeu-se, para efeito deste trabalho, que seria vantajoso identificar facilmente os grandes grupos de soluções e para cada um deles catalogar as diversas opções disponíveis em função de critérios que permitissem identificar as diferentes alternativas.

De acordo com este procedimento, concluiu-se que existem três grandes grupos de soluções com poucos pontos de contacto entre si. O Quadro 3.2 identifica esses grupos de soluções.

---

[2] Do francês "de doublage".

Para cada um dos três grupos de soluções referidos identificaram-se os critérios que melhor explicam cada um dos sub-grupos possíveis. As opções disponíveis, de acordo com esta classificação, resultaram assim da combinação de todas as alternativas enumeradas para cada caso e que se consideram como sendo igualmente verosímeis.

Quadro 3.2 - Classificação de soluções de parede interior não resistente

PAREDES	Soluções tradicionais com base em estrutura de madeira
INTERIORES	Alvenarias
NÃO RESISTENTES	Divisórias leves prefabricadas

Naturalmente, competirá ao hipotético utilizador desta classificação considerar apenas as combinações aceitáveis. Procurou-se desta forma ser o mais exaustivo possível, sem alongar a investigação a soluções não utilizadas nos países ocidentais e próprias de alguns países do terceiro mundo. Breves descrições de algumas dessas soluções que não foram catalogadas neste trabalho podem ser encontradas por exemplo em [2].

Embora estejam neste momento completamente em desuso, talvez com a excepção de alguns trabalhos de reabilitação, considerou-se importante não ignorar as soluções tradicionais antigas em estrutura de madeira já que até ao século vinte foram usadas em larga escala tanto na Europa como na América do Norte quer como soluções resistentes quer como paredes de simples compartimentação ou separação de espaços. Aliás, divisórias em madeira com baixos índices de prefabricação continuam ainda a ser usadas nas construções a que os anglo-saxónicos chamam "wood light-frame constructions" [3] .

3.1.5 Classificação de paredes interiores não resistentes

Tendo em conta os objectivos, definições e critérios atrás definidos concebeu-se uma classificação de cada um dos três grandes grupos de soluções de parede identificadas no Quadro 3.2.

O Quadro 3.3 apresenta uma proposta de classificação das soluções tradicionais de paredes interiores não resistentes com estrutura de madeira baseada nos seguintes critérios considerados mais representativos:

- tipo de estrutura;
- madeira utilizada na estrutura;
- enchimento interior;
- acabamento.

Quadro 3.3 - Classificação de paredes interiores não resistentes - Soluções tradicionais com base em estrutura de madeira

CRITÉRIO	SUB-CRITÉRIO	SOLUÇÕES DISPONÍVEIS
TIPO DE ESTRUTURA		Tipo quadro
		Em cruz
MADEIRA UTILIZADA NA ESTRUTURA		Pinho
		Outras essências
ENCHIMENTO INTERIOR	EXISTENTE	Argamassas diversas
	NÃO EXISTENTE	-
ACABAMENTO		Réguas de madeira formando esteiras para revestir a estuque (tabique)
		Estrutura à vista e enchimento revestido para caiar ou pintar (taipa)
		Revestimento contínuo de estrutura e enchimento para pintar ou caiar (taipa)
		Revestimento com placas de derivados de madeira ou gesso cartonado ou outros

O Quadro 3.4 propõe uma classificação de alvenarias associada aos critérios que foram considerados mais importantes e que incluem, designadamente:

- a caracterização do bloco utilizado na alvenaria;
- a constituição da alvenaria;
- a caracterização dos eventuais reforços de armaduras;
- o tipo de ligação usada entre os blocos durante a execução;
- o tipo de acabamento.

O Quadro 3.5 apresenta uma classificação de divisórias leves prefabricadas de acordo com os critérios de classificação considerados mais representativos, ou seja:

- a facilidade de montagem, desmontagem e mobilidade;
- o tipo de estrutura resistente;
- a constituição da divisória;
- o tipo de juntas entre elementos.

Quadro 3.4 - Classificação de paredes interiores não resistentes - Alvenarias

CRITÉRIO	SUB-CRITÉRIO	SOLUÇÕES DISPONÍVEIS	
BLOCO	MATERIAL CONSTITUINTE	Homogéneo	Pedra natural
			Cerâmico
			Sílico-Calcário
			Betão de Inertes Naturais
			Betão de Inertes Leves
			Betão Celular Autoclavado
			Pedra Artificial
			Gesso
			Vidro
		Não Homogéneo	Tipos anteriores com isolante
			Outros
	DIMENSÕES	Pequenas dimensões	
		Altura de andar	
	PERCENTAGEM DE FURAÇÃO	Maciço	
		Perfurado	
		Furado	
CONSTITUIÇÃO DA ALVENARIA	PANO SIMPLES	Alvenaria simples	
		Alvenaria composta	
	PANO DUPLO	Com caixa de ar não preenchida	
		Com caixa de ar preenchida por diversos materiais	
REFORÇOS DE ARMADURAS		Sem reforço de armaduras	
		Com confinamentos verticais e horizontais dos panos	
		Com reforços nas juntas	
		Com reforços na caixa da parede dupla	
		Com reforço nos alvéolos	
LIGAÇÕES ENTRE BLOCOS	SECAS	Com formatos especiais de encaixe	
		Com peças de ligação	
		Por simples encosto	
	ARGAMASSADAS	Com juntas delgadas	
		Com juntas normais (aproximadamente 1 cm)	
ACABAMENTO		Corrente - para rebocar	
		Face à vista	
		Para revestir com elementos prefabricados	

No capítulo 4 é feita uma breve descrição dos diversos tipos de soluções sumariamente listados no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 - Classificação de paredes interiores não resistentes - divisórias leves prefabricadas

CRITÉRIO	SUB-CRITÉRIO	SOLUÇÕES DISPONÍVEIS	
FACILIDADE DE MONTAGEM, DESMONTAGEM E MOBILIDADE		Desmontáveis	
		Amovíveis	
		Móveis	Painéis móveis
			Painéis articulados rígidos
			Revestimento flexível sobre estrutura metálica (fole)
TIPO DE ESTRUTURA RESISTENTE	ESTRUTURA INDEPENDENTE INTERIOR E PLACAS DE REVESTIMENTO EXTERIOR	Material constituinte da estrutura interior	Alumínio
			Madeira
			Derivados de madeira
			Perfis de chapa zincada
		Material Constituinte das placas de revestimento exterior	Placas de gesso cartonado
			Placas de aglomerado de partículas
			Placas de aglomerado de fibras
			Placas de contraplacado
			Placas de fibrocimento
			Placas de outros materiais
		Tipo de ligação entre placas de revestimento e estrutura interior	Aparafusada
			Pregada
			Colada
			Ligação por encaixe
	PAINÉIS PREFABRICADOS	Placas de gesso cartonado sobre favo de cartão	
		Painéis monobloco	
		Painéis de madeira	
		Painéis do tipo sanduíche	
CONSTITUIÇÃO DA DIVISÓRIA	ESTRUTURA	Simples	Com montantes de faces alinhadas
			Com montantes desalinhados
		Dupla	
	REVESTIMENTO	Simples	
		Duplo	
		Triplo	
	FIXAÇÃO DO ABSORVENTE ACÚSTICO	Colado ou fixado mecanicamente de forma descontínua	
		Suspenso	
	ABSORVENTE ACÚSTICO	Preenchimento total da caixa de ar interior	
		Preenchimento parcial da caixa de ar interior	
		Inexistente	
TIPO DE JUNTA ENTRE ELEMENTOS		Estrutura à vista com cobre-juntas	
		Estrutura oculta com junta aberta	
		Estrutura oculta com cobre-juntas	
		Junta para revestir com argamassa	

3.2 Exigências de desempenho de paredes interiores não resistentes

3.2.1 Âmbito e objectivo

Apresentam-se neste sub-capítulo as *exigências de desempenho*[3] das paredes interiores não resistentes.

Na descrição apresentada segue-se a metodologia definida no capítulo 2 ou seja especificam-se para cada exigência os seguintes parâmetros:

- Definição: enunciar a exigência e descrevê-la sumariamente;
- Característica: referir o modo de expressar as exigências (indicação de uma característica que poderá ser uma grandeza física quantificável por cálculo, ensaio ou medição directa, ou outra grandeza com definição associada a uma classificação ou método de ensaio; poderá ser ainda uma característica subjectiva ligada a um julgamento de perito);
- Modo de avaliação da característica: definir o modo de avaliação da característica (procedimento de ensaio, método de cálculo ou regras de avaliação por julgamento de perito).
- Especificações de desempenho[4]: quantificar a exigência (indicação de limites regulamentares e eventualmente normativos, respeitando a hierarquia seguinte por ordem de importância: regulamentos portugueses, normas portuguesas, normas de outros países europeus, normas ISO, normas americanas);

A análise apresentada refere-se à generalidade dos edifícios (edifícios de habitação, escolares, industriais, comerciais, de serviços públicos ou administrativos e edifícios hospitalares). Foi no entanto, obviamente, dada uma maior incidência aos edifícios de habitação já que estes constituem mais de metade do conjunto dos edifícios construídos [14] e são, talvez por isso, objecto de legislação técnica mais completa. Não pode, garantir-se, na quantificação das exigências, que a legislação apresentada é exaustiva e inclui todas as exigências regulamentares aplicáveis. As exigências indicadas referem-se à bibliografia consultada [243 a 255] que inclui a principal regulamentação de aplicação obrigatória em Portugal.

Nos edifícios, as exigências de desempenho das paredes interiores não resistentes são realizadas em complementaridade pela parede e pelo seu revestimento. Em algumas situações o revestimento será executado em fábrica, não sendo possível estabelecer a diferença entre tosco de parede e o seu revestimento, mas em quase todos os casos o revestimento será aplicado em obra e terá um peso importante na realização de algumas funções. Ao longo das considerações que se seguem, serão referidas quais as funções em que cada uma das partes assume maior importância.

(3) De acordo com a definição apresentada no Capítulo 2

(4) É corrente encontrar em fichas técnicas de materiais o título genérico de "especificações (specifications)" para designar o conjunto de valores característicos associados às exigências de desempenho mais relevantes de um certo material concreto. "Specifications" deverá entender-se nesse contexto como a abreviatura de "performance specifications"

O tosco da parede terá uma maior contribuição para a exigência de estabilidade, de resistência estrutural, de segurança contra o risco de intrusões humanas ou animais, de ocultação, de conforto higrotérmico ou de conforto acústico.

Paralelamente, o revestimento da paredes será o principal responsável pela satisfação das exigências de segurança no contacto, de aspecto, de regularidade superficial, de conforto visual, de conforto táctil ou de higiene.

O conjunto tosco da parede - revestimento assegurará de uma forma equitativa e indissociável outras exigências, tais como, a segurança contra riscos de incêndio, a estanquidade à água, a resistência aos choques e atrito e a resistência à água de lavagem e a outros produtos de limpeza.

3.2.2 Pesquisa bibliográfica

No estabelecimento das exigências de desempenho das paredes interiores não resistentes consultaram-se como referências bibliográficas fundamentais os documentos [16], [17], [18], [63], [64], [77], [149], [169], [174], [175], [176], [177], [178], [179], [180], [207], [208], [212] e [269]. A apresentação que se segue, respeita de perto a norma ISO 7360.2 [179], incluindo também informação recolhida nos restantes documentos referidos e nos Regulamentos atrás citados. Nas exigências referidas nos pontos 3.2.4.10 a 3.2.4.12 transcreveu-se com algumas adaptações o texto de [64].

3.2.3 Listagem das exigências de desempenho do sub-sistema de um edifício "paredes interiores não resistentes"

O Quadro 3.6 apresenta a listagem das exigências de desempenho do sub-sistema "paredes interiores não resistentes". A definição do sub-sistema é a apresentada no sub-capítulo 3.1.

3.2.4 Descrição das exigências de desempenho

Descrevem-se em seguida as exigências de desempenho de acordo com a metodologia atrás referida.

3.2.4.1 Exigências de estabilidade [5]

Definição:

A estabilidade estrutural da parede deverá ser assegurada pelo seu tosco (todos os elementos da parede excluindo o revestimento e acabamento).

[5] No documento ETAG/IPS [143] estas acções são agrupadas na exigência essencial "Segurança na utilização" já que a exigência essencial "Resistência mecânica e estabilidade" apenas diz respeito aos elementos de construção com intervenção directa na resistência estrutural. Decidiu-se, no entanto, manter nesta abordagem a metodologia normalmente seguida pela UEAtc.

Quadro 3.6. - Exigências de desempenho de paredes interiores não resistentes

CÓDIGO	EXIGÊNCIA DE DESEMPENHO	DECOMPOSIÇÃO DA EXIGÊNCIA EM SUB-EXIGÊNCIAS	
1	Estabilidade	Resistência ao vento Resistência às deformações impostas Resistência aos choques de segurança Resistência aos batimentos de porta	
2	Segurança contra riscos de incêndio	Reacção ao fogo Resistência ao fogo	
3	Segurança na utilização	Contacto físico Circulação e movimento de pessoas	
4	Segurança contra intrusão	Intrusão humana Intrusão animal (mamíferos ou aves) Intrusão de insectos	
5	Estanquidade à água	Água proveniente de zonas húmidas interiores Água proveniente de paramentos exteriores de fachadas	
6	Estanquidade ao ar	Ar proveniente do paramento exterior de fachada Permeabilidade ao vapor de água	
7	Conforto térmico e poupança de energia	Isolamento térmico Secura dos paramentos da parede	
8	Pureza do ar	Não emissão de cheiros pelos materiais Não emissão de vapores, aerossóis, pó, sujidade ou radiação prejudicial à saúde	
9	Conforto acústico	Isolamento sonoro aos sons aéreos Absorção sonora	
10	Higiene	Possibilidade de fixação de poeiras ou de microorganismos Resistência a acções de limpeza	
11	Conforto visual	Planeza de superfícies	planeza geral planeza localizada
		Verticalidade Rectidão das arestas	
		Regularidade e perfeição das superfícies	defeitos de superfície largura de fissuras
		Homogeneidade de enodoamento pela poeira	homog. de temperatura superficial interior
		Homogeneidade de cor e de brilho	diferença de cor diferença de reflectância difusa
12	Conforto táctil	Aspereza dos paramentos Pegajosidade dos paramentos Secura dos paramentos	
13	Facilidade de limpeza e manutenção	Facilidade de limpeza Facilidade de manutenção	
14	Adaptação à utilização normal	Aptidão à suspensão de cargas Aptidão para incorporar elementos de instalações Manutenção das características após acção de choques de serviço	
15	Durabilidade		
16	Facilidade de transporte	Facilidade de transporte dos elementos Aptidão para o armazenamento	
17	Facilidade de montagem e desmontagem		

O conjunto da parede e do seu revestimento e acabamento (parede acabada), deverá resistir a todas as acções decorrentes do uso normal que incluem nomeadamente:

- a acção das pressões e depressões (gradientes de pressões) ocasionadas pelo vento;
- as acções de batimentos de portas;
- as acções decorrentes do apoio simultâneo de uma fila de pessoas sobre a parede;
- as acções decorrentes dos choques acidentais e não correntes[6] sobre a parede de pessoas, objectos, peças de mobiliário ou equipamentos de limpeza.

Característica:

Comportamento da parede quando sujeita aos ensaios de choques de segurança.

Modo de avaliação da característica:

Ensaios de resistência aos choques de corpo duro de 1 kg [170;172].
Ensaio de resistência aos choques de corpo mole de 50 kg [170;172].
Ensaio de resistência à carga estática horizontal linear [40].
Ensaio de resistência ao vento [171].
Ensaio de determinação da rigidez da parede [40].
Ensaio de batimento de porta [40].

Especificações de desempenho:

Não existe qualquer disposição normativa ou regulamentar portuguesa que quantifique esta exigência.

As exigências podem ser quantificadas, para efeitos de homologação de sistemas de divisórias leves, de acordo com as "Directivas Comuns UEAtc para a homologação de divisórias leves" [206], ou segundo o ETAG/IPS (de acordo com as regras definidas na DPC).

De acordo com o documento [206] o provete[7] não deverá sofrer rotura ou ser significativamente danificado por energias de 240 Nm (corpo mole de 50 kg) e 10 Nm (corpo duro de 1 kg). Não deverá ser perfurado pelo corpo duro.

---

(6) No documento [170] é feita uma diferenciação entre os choques de ocorrência usual descritos em 3.2.4.14 e os choques de ocorrência acidental considerados como podendo pôr em causa a estabilidade da parede.

(7) O documento [206] define o provete a utilizar nos ensaios.

De acordo com o ETAG/IPS [142] são definidas quatro classes em função da energia utilizada no ensaio que determinam um comportamento satisfatório da parede a que correspondem quatro categorias de uso definidas no Quadro 3.7. A última coluna do Quadro transcreve a relação entre as energias de ensaio e as categorias de uso previstas no ETAG/IPS.

Quadro 3.7 - Resistência mecânica e estabilidade - Definição de categorias de uso de acordo com o ETAG/IPS

Categoria de uso	Descrição	Altura	Ensaios[8]
Sem características	Países/Regiões/edifícios onde não são exigidas especificações técnicas	-	
I	Zonas acessíveis somente a utentes muito interessados em manter a parede em bom estado. Alguns riscos de acidentes e também de utilização indevida	Até 1,5 m	Corpo mole 50kg - 1x120Nm Corpo duro 1kg - 1x10Nm
		Acima de 1,5 m	—
II	Zonas acessíveis a utentes interessados em manter a parede em bom estado. Alguns riscos de acidentes resultantes de utilização indevida	Até 1,5 m	Corpo mole 50kg - 1x240Nm Corpo duro 1kg - 1x10Nm
		Acima de 1,5 m	—
III	Zonas acessíveis ao público e utentes pouco interessados em exercer manutenção. Alguns riscos de acidentes e também de utilização indevida.	Até 1,5 m	Corpo mole 50kg - 1x240Nm Corpo duro 1kg - 1x10Nm
		Acima de 1,5 m	Corpo duro 1kg - 1x10Nm
IV	Zonas acessíveis ao público e utentes pouco interessados em exercer manutenção. Os riscos em caso de rotura incluem a queda do utente para um pavimento a um nível inferior	Até 1,5 m	Corpo mole 50kg - 1x400Nm Corpo duro 1kg - 1x10Nm
		Acima de 1,5 m	Corpo duro 1 kg - 1x10Nm

As paredes interiores não resistentes deverão ainda suportar, em serviço, sem esmagamento ou modificação significativa das suas outras características, os deslocamentos dos seus pontos de contacto ou de fixação à estrutura do edifício e às obras adjacentes [77]. As paredes deverão poder absorver as deformações regulamentares dos diversos elementos estruturais sem perda notável das suas características.

É normalmente aceite[9] que a aprovação da solução quando sujeita à acção de choques de segurança implica um comportamento satisfatório aos esforços devidos às diferenças de pressão entre os dois ambientes confinados qualquer que seja a origem dessas diferenças de pressão (normalmente essas diferenças de pressão estarão associadas a dias de fortes ventos no exterior do edifício).

[8] A realizar em todos os "pontos fracos" da parede.

[9] Ver, por exemplo, [206].

3.2.4.2 Exigências de segurança contra riscos de incêndio

Definição:

De acordo com a DPC [82], transposta para a legislação nacional nos diplomas legais [83] e [84] as obras devem ser concebidas e realizadas de modo a que, no caso de se declarar um incêndio:

- a estabilidade dos elementos resistentes possa ser garantida durante um período de tempo determinado;
- a deflagração e propagação de fogo e do fumo dentro da obra sejam limitados;
- a propagação do fogo às construções vizinhas seja limitado;
- os ocupantes possam abandonar ilesos a obra ou ser salvos por outros meios;
- a segurança das equipas de socorro tenha sito tida em consideração.

Esta "exigência essencial" que diz respeito às obras é também aplicável aos seus diversos elementos de construção já que a satisfação global da exigência resultará da sua satisfação ao nível dos diversos sub-sistemas do edifício.

Características:

Reacção ao fogo e resistência ao fogo definidas de acordo com os artigos 3 e 4 do documento [246][(10)].

Modo de avaliação das características:

Realização de ensaios de caracterização dos materiais de revestimento de paredes no que diz respeito à sua reacção ao fogo de acordo com as Especificações LNEC [213 a 219].

Não existem normas nacionais relativas a ensaios de determinação de resistência ao fogo de elementos de construção. Poderão seguir-se os métodos de ensaio previstos nas pré-normas europeias seguintes (situação em Abril de 1994):

- pr EN YYY1-1- (1992) - "Fire resistance test - Elements of building construction Part 1: General requirements for fire-resistance testing " [85].
- pr EN YYY1-2- (1992) - "Fire tests for building elements and components - Fire resistance testing. Part 2: Alternative heating conditions and qualifying procedures to be adopted under special circumstances" [86].

(10) Na regulamentação nacional não está quantificada qualquer exigência relativa à toxicidade e/ou opacidade dos fumos emitidos pelos elementos de construção

- pr EN YYY2-1- (1992) - "Fire resistance tests on non-loabearing elements in buildings. Part 1: Partitions" [87].

No entanto, atendendo a que neste momento não existe em Portugal qualquer infraestrutura laboratorial que permita realizar esses ensaios, a forma mais adequada de avaliar a resistência ao fogo de soluções construtivas será o recurso a literatura estrangeira o que, por exemplo, no caso de se recorrer à literatura francesa e de acordo com [77] inclui:

- lista de classificações emitidas por laboratórios acreditados (CTICM [11] ou CSTB[12]);
- listas publicadas pelo "Journal Officiel";
- repertórios de elementos de construção classificados ao fogo editados pela SOCOTEC[13];
- base de dados informáticos do CSTB;
- utilização de materiais certificados e que foram objecto de ensaios destrutivos de caracterização;
- consulta de Documentos de Homologação ("Avis Techniques") relativos ao produto a caracterizar.

Especificações de desempenho:

As exigências regulamentares portuguesas associadas às paredes interiores (resistentes ou não resistentes) são referidas nos parágrafos seguintes.

Relativamente a edifícios de habitação o documento legal aplicável é o Decreto-Lei nº 64/90 de 21 de Fevereiro [246].

Os Quadros 3.8 e 3.9 transcrevem as exigências previstas nesse diploma relativamente à resistência ao fogo e à reacção ao fogo.

Relativamente a estabelecimentos comerciais o diploma legal aplicável é o Decreto-Lei nº 61/90 de 15 de Fevereiro [247].

O Quadro 3.10 apresenta os valores mínimos de resistência ao fogo exigidos por esse diploma.

No que diz respeito à reacção ao fogo dos revestimentos de paredes em estabelecimentos comerciais o citado diploma [247] estabelece que só nos caminhos de evacuação todos os revestimentos de paredes deverão ser M2.

---

(11) CTICM - Centre Technique Industriel de la Construction Metalique.

(12) CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

(13) SOCOTEC - Société de Contrôle Technique de la Construction.

Quadro 3.8 - Classes de resistência ao fogo de paredes interiores em edifícios de habitação

Tipo de compartimentos separados pela parede	Altura do edifício (H em metros)		
	$H \leq 9$	$9 < H \leq 28$	$28 < H \leq 60$ [14]
Habitação / Habitação	CF 60	CF 60	CF 60
Habitação / Circulação comum horizontal interior	CF 30	CF 30	CF 60
Habitação / Escada comum	CF 60	CF 60	CF 90

Quadro 3.9 - Classes de reacção ao fogo de materiais a utilizar no revestimento de paredes interiores em edifícios de habitação.

Localização da parede	Altura do edifício (H em metros)		
	$H \leq 9$	$9 < H \leq 28$	$28 < H \leq 60$
Circulação comum horizontal interior	M2	M2	M1
Escada comum	M1	M1	M0
Restantes casos	Sem exigências		

Quadro 3.10 - Classes de resistência ao fogo de paredes interiores em estabelecimentos comerciais

Tipo de compartimentos separados pela parede	Altura do edifício (H em metros)		
	$H \leq 9$	$9 < H \leq 28$	$28 < H \leq 60$
Habitação / Escadas comuns	CF 60	CF 60	CF 60
Outros casos	CF 30	CF 60	CF 90

[14] Para edifícios de altura superior a 60 metros deverá ser apresentado projecto de segurança.

Relativamente aos edifícios onde são exercidos Serviços Públicos, o diploma [248] estabelece que todos os revestimentos de paredes dos caminhos de evacuação deverão ser da classe de reacção ao fogo M2 pelo menos.

Finalmente o Decreto Regulamentar nº 8/89 de 21 de Março [245] estabelece que em empreendimentos turísticos as classes de Resistência ao fogo das paredes são as estabelecidas no Quadro 3.11.

Quadro 3.11 - Classe de Resistência ao fogo de paredes interiores em empreendimentos turísticos

Tipo de compartimentos separados pela parede	Exigência
Quartos - Circulação horizontal comum	CF 60
Quartos - Locais de risco (cozinhas, caldeiras, caves)	CF 60
Casa das caldeiras	CF 60
Caixa de escadas	CF 30 (1 a 9 pisos) CF 90 (10 ou mais pisos)
Restantes casos	Sem exigência

No que diz respeito à Reacção ao fogo, o citado diploma [245] estabelece que o material de revestimento das paredes deverá ser da classe M2 nos caminhos de evacuação e da classe M3 em todos os restantes locais acessíveis ao público.

3.2.4.3 Exigências de segurança na utilização

Definição:

A parede deverá ser construída e projectada de tal maneira que permita a sua utilização normal sem que os utentes corram riscos inaceitáveis de acidente.

Esta exigência pode ser definida com base na da exigência essencial 4 ("Segurança na utilização") definida na DPC [85] que considera como exemplos de riscos inaceitáveis de acidente, o escorregamento, a queda, a colisão, a queimadura, a electrocussão ou lesões provocadas por explosão.

No caso particular das paredes interiores, além dos riscos citados de que se podem destacar os riscos de queimadura ou electrocussão (associados à incorporação de instalações no interior da divisória ou às características de armazenamento térmico, por exemplo sob a acção solar directa, da parede), é importante indicar a eventual presença de cantos cortantes ou pontiagudos e a textura muito rugosa da parede.

Características:

Risco de electrocussão.

Risco de queimaduras.

Presença de formas geométricas potencialmente causadoras de lesões.

Rugosidade da parede.

Modo de avaliação das características:

As características serão quantificadas por avaliação qualitativa de perito.

Especificações de desempenho:

Não existem disposições regulamentares nacionais específicas relativas a estas exigências. No entanto existem disposições regulamentares de carácter geral que tornam obrigatória a sua verificação em todas as obras.

3.2.4.4 Exigências de segurança contra intrusões humanas ou animais

Definição:

A parede deverá ser projectada e construída de forma a possuir a robustez necessária a não permitir a fácil intrusão por pessoas ou animais.

Característica:

Facilidade de intrusão.

Modo de avaliação da característica:

Julgamento qualitativo de perito.

Especificações de desempenho:

A verificação das exigências conduzirá sempre a uma avaliação do tipo aprovado ou rejeitado.

3.2.4.5 Exigências de estanquidade à água

3.2.4.5.1 Estanquidade à água proveniente de zonas húmidas interiores

Definição:

Os revestimentos de parede em locais húmidos (cozinhas, instalações sanitárias, locais de lavagem de roupa, etc.) e de um modo geral em todos os locais cujas paredes possam ser submetidas a projecções de água ou que tenham que ser lavadas por via húmida devem ser estanques à água.

Em certos casos, justifica-se garantir esta estanquidade apenas até cerca de 1,50 m a 2,00 m de altura por ser aceitável considerar que a exigência não se aplica à parte superior da parede. A exigência aplica-se à parede acabada incluindo todos os trabalhos de ligação ao tecto e pavimento onde o risco de não verificação desta exigência é superior.

Características:

Não existe nenhuma característica específica da parede que permita aferir esta exigência. As características a considerar dizem respeito aos materiais constituintes do revestimento e acabamento de parede e à forma de ligação da parede ao pavimento e tecto e incluem por exemplo:

- permeabilidade à água sob pressão;
- absorção de água por imersão;
- absorção de água por capilaridade.

Modo de avaliação das características:

Para os materiais constituintes do revestimento/acabamento das paredes ou de ligação ao pavimento deverão ser utilizadas normas associadas ao material específico utilizado relativas a ensaios de permeabilidade à água sob pressão, ensaios de absorção de água por capilaridade e ensaios de absorção de água por imersão. É naturalmente impossível listar todos os tipos de materiais e normas de ensaios associadas pelo que o assunto deverá ser resolvido em função da situação real considerada. Para o elemento de construção "parede interior" não existem normas para averiguar a estanquidade à água avaliada em termos globais "in situ" ou em laboratório. Por esse motivo, podem adoptar-se para um protótipo de parede os ensaios em laboratório preconizados na parte 4 do documento [269].

Especificações de desempenho:

A solução de parede deverá garantir a ausência de infiltrações de água por capilaridade, projecção de água ou lavagem por via húmida em todos os locais onde esses riscos sejam previsíveis. Em geral, a altura da água no pavimento nunca deverá ultrapassar o valor de 5 cm incluindo salpicos de água de lavagem. Alturas superiores apenas poderão resultar de acidentes que não deverão ser quantificados como exigência.

3.2.4.5.2 Estanquidade à água proveniente de paramentos exteriores da fachada

Definição:

As paredes interiores com função de duplicação do pano exterior das fachadas deverão garantir a estanquidade à água de condensação ou de infiltração por efeito de chuva proveniente do exterior. Esta exigência aplica-se ao conjunto dos panos exterior e interior da parede de fachada pelo que deverá ser analisada de uma forma global.

Características:

As características a analisar dizem respeito ao material de revestimento da face exterior do pano interior das fachadas e incluem por exemplo:

- permeabilidade à água sob pressão;
- absorção de água por imersão;
- absorção de água por capilaridade.

Modo de avaliação das características:

Para os materiais atrás citados:

- Ensaio de permeabilidade à água sob pressão de acordo com normas aplicáveis;
- Ensaio de absorção de água por capilaridade de acordo com normas aplicáveis;
- Ensaio de absorção de água por imersão de acordo com normas aplicáveis.

Especificações de desempenho:

A solução da fachada incluindo o pano interior da parede deverá garantir a ausência de infiltração de água proveniente de condensações associadas aos fluxos de vapor de água do interior para o exterior e do exterior para o interior e de eventuais entradas de água da chuva provenientes do pano exterior da parede.

O conjunto das duas partes da parede deverá ser separado por uma caixa de ar fracamente ventilada e o isolante térmico deverá ser colocado na face exterior do pano interior. Deverá assegurar-se por cálculo higrotérmico que as eventuais condensações ocorrerão sempre na face exterior do isolante térmico.

3.2.4.6 Exigências de estanquidade ao ar

3.2.4.6.1 Permeabilidade ao ar proveniente do paramento exterior da fachada

Definição:

A permeabilidade ao ar das paredes interiores deverá ser diminuta de tal forma que todo o fluxo de ar entre os dois locais separados seja reduzido a valores imperceptíveis e que permitam garantir o conforto dos utentes, associado à falta de "correntes de ar", à redução das perdas térmicas por ventilação a valores aceitáveis e ao conforto acústico.

Característica:

Permeabilidade ao ar da parede em m^3/h para uma diferença de pressão definida entre os dois locais separados.

Modo de avaliação da característica:

Ensaio de permeabilidade ao ar segundo, por exemplo, as normas de janelas[15] de acordo com a norma portuguesa NP 2333 (1988) - "Métodos de ensaio de janelas - Ensaio de permeabilidade ao ar" [160].

Especificações de desempenho:

As paredes interiores deverão ser praticamente estanques ao ar. Especiais cuidados deverão ser tomados com as juntas das divisórias leves sobretudo das que se destinam a ser utilizadas como panos interiores de duplicação de fachadas já que nessas situações a diferença de pressão entre o exterior e o interior poderá assumir valores bastante elevados.

3.1.4.6.2 Permeabilidade ao vapor de água

Definição:

A parede deverá ter uma permeabilidade ao vapor de água tal que permita o normal fluxo nos dois sentidos sem ocorrência de condensações na face interior da parede ou que as concentrações de vapor de água no interior do edifício para os níveis de ventilação normais se encontrem dentro dos parâmetros normais de conforto.

Característica:

Permeância ao vapor de água da parede.

---

[15] Não existem normas específicas para paredes divisórias interiores.

Modo de avaliação da característica:

Cálculo de acordo com o documento pré-normativo CEN/TC89 / N249E (1993) [93].

Ensaios em laboratório de acordo com a pré-norma europeia CEN/TC89 / N336E (1993) [92]. Os ensaios deverão ser usados sempre que o coeficiente de permeabilidade ao vapor de água dos materiais usados na parede não seja conhecido com suficiente rigor.

Especificações de desempenho:

A parede deverá ser concebida e construída de tal forma que a sua permeância ao vapor de água permita que não ocorram condensações nas faces exteriores das paredes bem como no seu interior.

3.2.4.7 Exigências de conforto térmico e poupança de energia

3.2.4.7.1 Exigências de isolamento térmico

Definição:

De acordo com a DPC [82] "as paredes interiores, quando separam zonas sujeitas a diferentes temperaturas, devem possuir propriedades de isolamento térmico que lhes permitam reduzir o consumo de energia e limitar o desconforto associado a grandes fluxos de radiação ou convecção".

Característica:

Coeficiente de transmissão térmica médio da parede (K_m) em W / m^2.ºC.

Modo de avaliação da característica:

Cálculo de acordo com o documento CEN/TC89 / N302E [91].

Especificações de desempenho:

O Quadro 3.12 resume os valores regulamentares máximos e de referência relativos a diversos elementos de construção onde se incluem as paredes interiores, de acordo com o RCCTE [249]. Os valores de referência são os valores mínimos a respeitar de modo a garantir o cumprimento do Regulamento sem necessidade de calcular o balanço térmico global do edifício na estação fria.

Para as exigências de conforto térmico em estação quente interessará, para além de outros parâmetros não associados às divisórias interiores, a inércia térmica

global do edifício para a qual contribuirão todas as paredes interiores não isoladas nas suas faces expostas.

Quadro 3.12 - Valores de "K_m" máximos e de referência para verificação automática do RCCTE e relativos a paredes ($W/m^2.°C$).

ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO	ZONAS CLIMÁTICAS INVERNO					
	I1		I2		I3	
	M	R	M	R	M	R
Vertical Exterior (Fachada)	1,8	1,4	1,6	1,2	1,45	0,95
Vertical Interior (Escada)	1,65	1,4	1,3	1,2	1,2	0,95
Legenda:	M - Valores máximos R - Valores de referência (para aprovação automática) Interior = Pavimento interior não aquecido					

Apresenta-se ainda a título indicativo na figura 3.1 os valores de temperaturas e humidades correntemente aceites como definindo as zonas de conforto recomendadas.

3.2.4.7.2 Exigência de secura dos paramentos da parede

Definição:

Os paramentos expostos da parede deverão permanecer secos e isentos de condensações quer em estação fria quer em estação quente.

Característica:

Temperatura superficial interior.

Modo de avaliação da característica:

Cálculo de acordo com os documentos CEN/TC89 / N302E [91] e RCCTE [249].

Exigências de desempenho:

De acordo com os parâmetros definidos no RCCTE para a zona climática onde se insere a parede em estudo deverá garantir-se por cálculo que não é atingido o ponto de orvalho da parede na sua face interior.

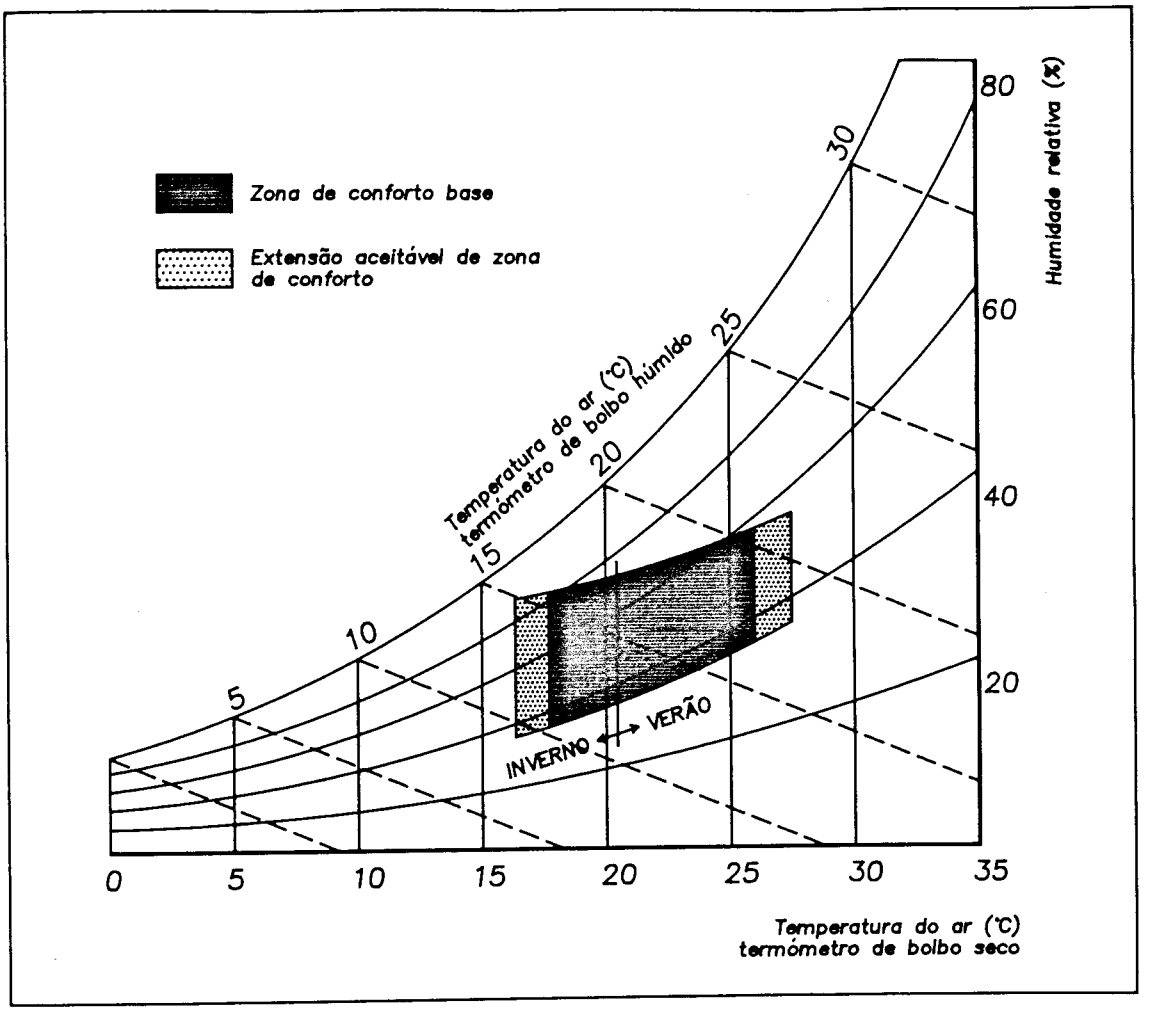


Figura 3.1 - Zona de conforto recomendada (adaptado de [129])[16]

3.2.4.8 Exigências de qualidade do ar

Definição:

Esta exigência a satisfazer pela parede interior associa-se aos riscos mais significativos relativos à exigência essencial 3 da DPC ("Higiene, saúde e ambiente").

Pode exprimir-se da seguinte forma: "os materiais, métodos e produtos usados na montagem de paredes interiores deverão ser tais que não constituem perigo para a saúde dos ocupantes dos locais divididos quando a parede entre em serviço, em particular em resultado da emissão de gases tóxicos e partículas ou radiações perigosas, presença de humidade ou sujidades provenientes do desenvolvimento de fungos ou outros microorganismos ou suporte de colónias de vermes ou insectos" [142].

(16) Esta zona de conforto só de aplica para níveis de actividade típicos de trabalho leve (tipo escritório), velocidade do ar < 0.2 m/s, e valores de vestuário adaptados às respectivas épocas do ano, sendo necessário correcções quando estas condições não se verifiquem.

Características:

Poderá servir de característica qualquer variável qualitativa ou quantitativa que permita avaliar na parede, pelo menos, os seguintes aspectos:

- concentração ou emissão de substâncias nocivas à saúde;
- possibilidade de desenvolvimento de fungos ou microorganismos;
- possibilidade de desenvolvimento de vermes ou insectos nas suas diversas formas de desenvolvimento.

Modo de avaliação das características:

Métodos de ensaio laboratoriais destinados a determinar a existência de substâncias consideradas nocivas [17].

Métodos de ensaio laboratoriais destinados a determinar a emissividade de substâncias nocivas por parte da parede.

Relativamente à presença de fungos e outros microorganismos, vermes ou insectos admite-se que no estado de novo a parede estará isenta da sua presença pelo que para avaliar a característica bastará o julgamento de um perito que caracterize a maior ou menor propensão da solução em estudo para ser contaminada. Esta avaliação estará naturalmente condicionada à avaliação de outras características relacionadas tais como a exigência de estanquidade à água, a exigência de permeabilidade ao vapor de água, a exigência de secura da parede e a exigência de higiene.

A quantificação do regime termo-higrométrico da parede em serviço bem como do seu aspecto e textura exterior em situação de utilização real são assim dados essenciais necessários à avaliação desta exigência que será, no entanto, sempre baseada em julgamento de perito.

Especificações de desempenho:

Verificação de limites admissíveis regulamentares associados a produtos químicos nocivos. A lista é muito vasta e não se destina especificamente à construção.

Com carácter não exaustivo refere-se em seguida uma lista de produtos que são objecto de limitação ao uso em Portugal:

- compostos de arsénico (DL nº 54/93 de 93/02/26);
- amianto (DL nº 228/94 de 94/09/13);
- benzeno (DL nº 221/88 de 88/06/28);
- sulfatos e carbonatos de chumbo (DL nº 54/93 de 93/02/26);
- compostos de mercúrio (DL nº 54/93 de 93/02/26);

[17] Na identificação das substâncias consideradas nocivas poderá, por exemplo, ser usado como referência de consulta o documento emitido pelo grupo de trabalho que elaborou o documento interpretativo ID3 da DPC (publicado em anexo a esse documento) e que foi usado como documento de referência no ETAG/IPS.

- PCB e PCT (DL nº 221/88 de 88/06/28);
- UGILEC 141, 142 e DBBT (DL nº 232/94 de 94/09/14 e Portaria nº 968/94 de 94/10/28);
- cádmio (DL nº 232/94 de 94/09/14);
- pentaclorofenol (DL nº 232/94 de 94/09/14).

3.2.4.9 Exigências de conforto acústico

Definição:

Em função do tipo de ocupação previsto para um local e do tipo de utilização do edifício, as paredes interiores deverão garantir um isolamento aos sons aéreos (I_a) e contribuir para o isolamento acústico da envolvente (R_{45}) de tal forma que sejam respeitados os limites regulamentares admissíveis.

Características:

Índice de isolamento sonoro aos sons aéreos (I_a).

Isolamento sonoro médio das paredes exteriores do edifício (R_{45}).

Coeficiente de absorção sonora do revestimento da parede (α).

Modo de avaliação das características:

Ensaios laboratoriais ou "in situ" de acordo com as normas portuguesas seguintes:

- NP 669 (1993) - "Acústica - Ensaios de Transmissão dos ruídos aéreos e de percussão" [163];
- NP 670 (1992) - "Acústica - Determinação em câmara reverberante do coeficiente de absorção e da área sonora equivalente" [164];
- NP 2073 (1983) - "Acústica - Critérios de quantificação do isolamento sonoro em edifícios" [166].

Neste momento já se encontram aprovadas como normas europeias as três normas que irão substituir as normas referidas. Faz parte do programa da Comissão Técnica de normalização CT 28 (Acústica) do IPQ a sua tradução já que neste momento apenas existe a versão original inglesa. As referidas normas são as seguintes:

- EN 20140-3 (1993) - "Acoustics - Measurement of sound insulation in Buildings and of Building elements. Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of Building elements" [88].
- EN 20717-1 (1993) - "Acoustics - Rating of sound insulation in Buildings and of Building elements. Part 1: Airborne sound insulation in Building and of interior Building elements" [90].

- EN 20354 (1993) - "Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room" [89].

Dado que as exigências na regulamentação portuguesa se referem ao isolamento "in situ" poderá ser ainda aplicada a norma:

- EN 20140-4 (1993) - "Measurement od sound insulation in Buildings and of Building elements. Part 4 - Field measurement of airborne sound insulation between rooms".

Especificações de desempenho:

São as seguintes as exigências previstas na legislação portuguesa (RGR) [250]:

- Isolamento para o exterior (R_{45}):

  - a) edifícios de habitação:

Locais pouco ruidosos (LPB) [18]	$R_{45} \geq 25$ dB
Locais ruidosos (LB)[18]	$R_{45} \geq 30$ dB
Locais muito ruidosos (LMB)[18]	$R_{45} \geq 35$ dB

  - b) edifícios escolares: $R_{45} \geq 25$ dB

  - c) edifícios escolares para deficientes auditivos: $R_{45} \geq 35$ dB

  - d) edifícios hospitalares: $R_{45} \geq 30$ dB

- Isolamento aos sons aéreos entre dois locais interiores (I_a):

  - a) edifícios de habitação:

    $I_a \geq 40$ dB Quartos ou salas do mesmo fogo

    $I_a \geq 48$ dB Quartos de apartamentos diferentes no mesmo edifício

    $I_a \geq 48$ dB Entre apartamentos e zonas comuns de circulação

    $I_a \geq 55$ dB Zonas de habitação e zonas com actividade comercial, industrial, de espectáculo ou de divertimento

[18] Classificação de locais: (Para definição de L_{50} ver RGR)

LPB: $L_{50} \leq 65$ dB (A) entre as 7 e as 22 horas
$L_{50} \leq 55$ dB (A) entre as 22 e as 7 horas

LB: 65 dB (A) $\leq L_{50} \leq 75$ dB (A) entre as 7 e as 22 horas
55 dB (A) $\leq L_{50} \leq 65$ dB (A) entre as 22 e as 7 horas

LMB: 75 dB (A) $\leq L_{50}$ entre as 7 e as 22 horas
65 dB (A) $\leq L_{50}$ entre as 22 e as 7 horas

- b) edifícios escolares:

O Quadro 3.13 resume as exigências para este tipo de edifícios.

- c) edifícios escolares para deficientes auditivos:

O Quadro 3.14 resume as exigências para este tipo de edifícios.

Quadro 3.13 - Isolamento aos sons aéreos em edifícios escolares

Tipo de compartimento	A	B	C
A	$I_a \geq 50$ dB	$I_a \geq 50$ dB	$I_a \geq 50$ dB
B	$I_a \geq 50$ dB	$I_a \geq 45$ dB	$I_a \geq 45$ dB
C	$I_a \geq 50$ dB	$I_a \geq 45$ dB	$I_a \geq 40$ dB

Legenda:
A - Compartimentos pouco ruidosos (gabinetes, bibliotecas, estúdios ou similares);
B - Compartimentos ruidosos (salas de aula, laboratórios ou similares);
C - Compartimentos muito ruidosos (refeitórios, piscinas cobertas, salas de caldeiras, auditórios, salas de expediente e circulação).

Quadro 3.14 - Isolamento aos sons aéreos em compartimentos de edifícios escolares para deficientes auditivos

Tipo de compartimento	I	II
I	$I_a \geq 50$ dB	$I_a \geq 50$ dB
II	$I_a \geq 50$ dB	$I_a \geq 40$ dB

Legenda:
I - Compartimento relacionado com o ensino
II - Compartimento onde ocorrem actividades de apoio

- d) edifícios hospitalares:

$I_a \geq 50$ dB Quartos de doentes - Áreas comuns de circulação
Quartos de espera - Áreas comuns de circulação

$I_a \geq 45$ dB Quartos de doentes - Quartos de espera

$I_a \geq 55$ dB Blocos operatórios - Áreas comuns de circulação
Unidade de cuidados intensivos - Áreas comuns de circulação
Maternidades - Áreas comuns de circulação

- Tempos de reverberação:

Os Quadros 3.15 e 3.16 resumem, respectivamente, os valores regulamentares dos tempos de reverberação a obter em salas de edifícios escolares e de edifícios escolares para deficientes auditivos.

Quadro 3.15 - Tempos de reverberação (Tr) em salas de edifícios escolares (f define a frequência em Hz)

Tipo de compartimento	**Tr para** $125\ Hz \leq f < 250\ Hz$	**Tr para** $250\ Hz \leq f \leq 4000\ Hz$
Salas de aula teórica	$Tr \leq 1,2$ s	$0,8\ s \leq Tr \leq 1,0$ s
Sala de aula ed. musical	$Tr \leq 1,5$ s	$1,0\ s \leq Tr \leq 1,3$ s
Refeitório	$Tr \leq 1,5$ s	$1,0\ s \leq Tr \leq 1,3$ s
Ginásio	$Tr \leq 3,0$ s	$1,5\ s \leq Tr \leq 2,5$ s

Quadro 3.16 - Tempos de reverberação (Tr) em salas de edifícios escolares para deficientes auditivos

Tipo de compartimento	**Tr para** $125\ Hz \leq f \leq 400\ Hz$
Salas de aula	$0,6\ s \leq Tr \leq 0,8$ s
Sala destinada a terapia da fala	$Tr \leq 0,6$ s

Em escritórios o tempo de reverberação (Tr) não deverá exceder para uma gama de frequências de 125 a 4000 Hz os 1,3 s. Em cantinas e refeitórios o mesmo valor não deverá ser superior a 1,5 s.

3.2.4.10 Exigências de higiene

Definição:

Esta exigência tem afinidades com a exigência de pureza do ar e completa-a nos seguintes aspectos:

- a parede interior deverá ser fácil de limpar e conservar em boas condições de utilização;

- os revestimentos da parede não deverão ser danificados ou alterados pela presença de fumos de cigarro ou provenientes de actividades culinárias;

- as paredes não deverão fixar com facilidade poeiras ou micro-organismos.

Característica:

Possibilidade de fixação por reacção química de substâncias nocivas, insalubres ou difíceis de limpar.

Modo de avaliação da característica:

Controlo da composição química dos produtos de acabamento da parede e verificação da sua salubridade inicial e durante o período de utilização.

Especificações de desempenho:

O acabamento da parede não deve ser deteriorado pelos produtos de limpeza especificados pelo fabricante. Para evitar o risco de fixação de poeiras, os paramentos não devem ser excessivamente ásperos ou pegajosos sobretudo nas paredes que, pela sua situação ou orientação, fiquem particularmente expostas à poluição atmosférica ou à poeira transportada pelo vento ou correntes de ar interiores.

Os acabamentos ásperos são também desaconselháveis em paramentos que possam permanecer húmidos por períodos longos porque facilitarão o desenvolvimento e fixação de bolores ou outros micro-organismos vegetais.

Os revestimentos da parede não devem necessitar de processos de limpeza pouco usuais ou exigir a utilização de produtos de limpeza tóxicos, cáusticos, inflamáveis ou com cheiro intenso e persistente [64].

As soluções de parede a adoptar nos locais húmidos, sujeitos a limpeza por via húmida ou destinados à recolha e vazamento de lixo devem ser comprovadamente resistentes à acção de processos de limpeza por atrito húmido devendo apresentar superfícies aparentes lisas para facilitar a limpeza.

Em todas as situações deverão ser especificados pelo projectista os processos e os produtos de limpeza adequados a cada solução de parede tendo em consideração as características dos locais compartimentados.

3.2.4.11 Exigências de conforto visual

O estado da superfície e o acabamento dos paramentos das paredes devem ser agradáveis à vista.

Os paramentos devem apresentar-se planos e verticais e sem defeitos de superfície (reentrâncias, fissuras, empolamentos e descolamentos) inaceitáveis. Não devem notar-se defeitos de homogeneidade de cor ou de brilho, nem zonas de enodoamento preferencial.

Para melhor detectar estas deficiências da parede deve proceder-se à sua iluminação com luz rasante.

Os revestimentos de paramentos exteriores dum dado edifício não devem originar reflexões especulares da luz do sol que possam constituir causa de incómodo para os utentes de edifícios vizinhos.

3.2.4.11.1 Exigências de planeza

Definição:

As paredes revestidas devem apresentar planezas (isto é, ausência de ondulações) geral e localizada satisfatórias.

Característica:

Flechas do paramento sob as réguas de avaliação da planeza.

Modo de avaliação da característica:

São conhecidos três métodos de julgamento da planeza (ensaios "in situ"):

- planeza geral avaliada a partir da medição das flechas do paramento sob uma régua de 2,0 m de comprimento que percorre esse paramento e planeza localizada avaliada do mesmo modo mas com uma régua de 0,20 m de comprimento [58];

- planeza geral avaliada a partir da medição das flechas do paramento sob um plano definido por três pontos salientes do paramento e planeza localizada avaliada a partir da medição das flechas do paramento sob uma régua de 1,00 m de comprimento que percorre o paramento [269];

- planezas geral e localizada avaliadas mediante levantamento do perfil geométrico do paramento com um aparelho previsto numa recomendação provisória da RILEM, constituído essencialmente por um deflectómetro com apalpador implantado num tripé metálico. O apalpador ao deslocar-se entre os dois pés (que definem a base de medida) transmite ao deflectómetro as ondulações do paramento. A base de medida (isto é, a distância entre os dois pés principais, entre os quais se desloca o apalpador) será de 1,00 m ou 0,25 m conforme se pretenda avaliar a planeza geral ou a planeza localizada [264].

Especificações de desempenho[19] [58]:

- Flechas admissíveis para a planeza geral: menor que 10 mm; a flecha máxima admissível reduz-se, no entanto, para 5 mm se o revestimento for executado segundo a técnica de pontos e mestras;

- Flechas admissíveis para a planeza localizada menores ou iguais a 2 mm.

3.2.4.11.2 Exigências de verticalidade

Definição:

O plano do paramento das paredes deve ser vertical. A avaliação da verticalidade pode ser feita com fio de prumo.

Apenas se encontram quantificadas exigências para as paredes cujo revestimento tenha sido executado segundo a técnica de pontos e mestras. A verticalidade é avaliada, neste caso, por comprimentos de altura de andar.

Característica:

Desvio do paramento da parede em relação à vertical.

Modo de avaliação da característica [64]:

Ensaio "in situ" que consiste em percorrer o paramento com fio de prumo, com comprimento de 3 m ou igual à altura do andar, e efectuar a medição dos desvios.

Especificações de desempenho:

Desvios admissíveis da verticalidade das paredes revestidas segundo a técnica de pontos e mestras: menor ou igual a 5 mm por altura de andar.

3.2.4.11.3 Exigências de rectidão das arestas

Definição:

As arestas verticais ou horizontais das paredes devem desenvolver-se tanto quanto possível segundo uma linha recta. Os desvios da linha das arestas relativamente à linha média devem ser limitados para que sejam imperceptíveis.

[19] As exigências referem-se ao primeiro método referido no "modo de avaliação da característica"

Característica:

Desvio da linha da aresta relativamente à sua linha média.

Modo de avaliação da característica [269]:

Ensaio "in situ" que consiste na identificação dos defeitos e na sua medição.

Especificações de desempenho:

Desvios admissíveis das arestas relativamente às suas linhas médias: menores ou iguais a 5 mm.

3.2.4.11.4 Exigências de regularidade e de perfeição das superfícies.

Definição:

Os paramentos das paredes não devem apresentar defeitos ou irregularidades de superfície perceptíveis, tais como reentrâncias ou saliências localizadas, fendas, empolamentos, descolamentos, nem pulverulência. A textura de superfície deve ser regular e uniforme.

Deve recorrer-se a iluminação rasante para melhor avaliar estas deficiências de superfície.

Características:

Defeitos da parede.

Largura das fendas do paramento.

Modo de avaliação das características:

Exame visual dos defeitos.

Medição da largura das fendas.

Especificações de desempenho [269]:

Importância dos defeitos toleráveis: a fixar em cada caso.

Largura das fendas em zona corrente: menor ou igual a 0,2 mm. Podem ser toleradas fendas de maior largura desde que se localizem em zonas especialmente concebidas para sua concentração (juntas, alhetas, etc.).

3.2.4.11.5 Exigências de homogeneidade de enodoamento pela poeira

Definição:

A heterogeneidade das temperaturas à superfície dos paramentos interiores de fachadas ou de paredes em contacto com locais frios provoca a deterioração do aspecto das paredes por formação de zonas de fixação preferencial de poeiras nas partes mais frias (termoforese) [64].

Para que a inevitável deterioração gradual do aspecto dos revestimentos devida à fixação de poeiras se processe com homogeneidade em todo o paramento, deve, portanto, reduzir-se ao mínimo possível a referida heterogeneidade de temperatura superficial do paramento [269].

Para caracterizar os paramentos desse ponto de vista usa-se o factor de heterogeneidade da temperatura superficial (ρ_m),

$$\rho_m = \frac{(t_i - \theta_i)_{max}}{(t_i - \theta_i)_{min}} \qquad (3.1)$$

sendo:

t_i - temperatura do ar do ambiente interior, em °C
θ_i - temperatura superficial do paramento interior da parede, em °C.

O fenómeno de enodoamento preferencial pode ser agravado por condensações localizadas, onde a temperatura superficial do paramento atinja o ponto de orvalho do ar do local.

Característica:

Factor de heterogeneidade da temperatura superficial (ρ_m).

Modo de avaliação da característica:

Cálculo.

Especificações de desempenho:

Factor de heterogeneidade da temperatura superficial menor ou igual a 2,0 ou 1,5, conforme a parede é ou não constituída por material homogéneo [64].

3.2.4.11.6 Exigências de homogeneidade de cor e brilho

Definição:

Um revestimento duma determinada cor não deve apresentar, num mesmo paramento, diferenças de tonalidade ou de brilho sensíveis.

Essas diferenças poderão advir de deficiências do revestimento ou do suporte, ou de execução não cuidada.

A inevitável alteração da cor e do brilho ao longo do tempo deve processar-se tanto quanto possível gradual e uniformemente em todo o paramento.

Características [269]:

Diferença da cor (E) definida pela fórmula do "Comité Internacional de l'Éclairage" (CIE), constante da norma ASTM D 2244 - 93 [8].

Diferença da reflectância difusa (ρ), em percentagem, dum fluxo luminoso com um ângulo de incidência de 60°. A reflectância é o cociente entre o fluxo luminoso reflectido pelo paramento e o fluxo luminoso incidente.

Modo de avaliação das características [269]:

Ensaio segundo ASTM D 2244-93 [8]. Medição, para diversos pontos do paramento, da luz reflectida pelo paramento, com um colorímetro de três filtros que permita determinar os componentes tricromáticos que caracterizam a cor. Determinação da diferença de cor desses pontos para um determinado padrão (E_p) e o padrão da cor, a partir daqui, das diferenças (ΔEi) entre pontos do paramento objecto do ensaio.

Ensaio segundo ASTM D 523-89 [7]. Determinação da reflectância, com um reflectómetro, para diversos pontos do paramento (ρ_i) e cálculo das diferenças ($\Delta\rho$) entre as reflectâncias correspondentes a esses pontos e uma reflectância padrão (ρ_p).

Especificações de desempenho [269]:

Diferença de cor admissível a fixar em cada caso, tomando para limiar de perceptibilidades $\Delta E \leq 2 \pm 0{,}6$.

Diferença de brilho admissível a fixar em cada caso, tomando para limiar de perceptibilidades $\Delta\rho \leq 5\%$.

3.2.4.12 Exigências de conforto táctil

Definição:

Os paramentos acessíveis aos utentes não devem apresentar nem aspereza, nem arestas, nem outras descontinuidades incómodas para os utentes, nem ser pegajosos.

Salvo no caso das cozinhas e casa de banho, os paramentos interiores ao alcance dos utentes não devem manter-se húmidos.

A existência de paramentos excessivamente ásperos ou de superfícies pegajosas é também indesejável do ponto de vista das exigências de higiene.

A aspereza pode ser uma consequência da constituição do próprio revestimento (se contiver cargas grosseiras, por exemplo), ou resultar do processo de aplicação (acabamento projectado, por exemplo).

As exigências de segurança no contacto já foram atrás apresentadas[20].

Característica:

Picos de espessura do revestimento relativamente à sua espessura média.

Modo de avaliação da característica:

Exame ou ensaio "in situ", recorrendo por exemplo à determinação do perfil geométrico de superfície do paramento revestido, com base na Ficha de ensaio FE Pa 34 do LNEC.

Especificações de desempenho:

Rugosidade admissível a fixar em cada caso, definindo por exemplo a altura máxima admissível das saliências do revestimento relativamente ao seu plano de mestras.

3.2.4.13 Exigências de facilidade de limpeza e manutenção

3.2.4.13.1 Exigência de facilidade de limpeza

Definição:

Os revestimentos usados na divisória devem ser de fácil limpeza para que durante a utilização o aspecto da divisória se possa manter sempre próximo do que apresenta enquanto nova [179].

Os cuidados de limpeza não devem exigir meios dispendiosos ou fora do comum, nem necessitar de produtos de difícil obtenção no mercado.

A limpeza deve poder ser executada com o mínimo incómodo para os utentes do edifício.

Características [179]:

Frequência das operações de limpeza necessárias.

---

[20] Ver 3.2.4.3 ("Segurança na utilização")

Mão-de-obra necessária para as operações de limpeza.

Produtos necessários para as operações de limpeza.

Modo de avaliação das características [179]:

Ensaio do produto de limpeza recomendado pelo fabricante do sistema ou pelo projectista da parede.

Ensaio do revestimento da parede de acordo com a norma EN 423 [94].

Especificações de desempenho:

Definição pelo fabricante do sistema ou pelo projectista da frequência das operações de limpeza e da mão-de-obra e dos produtos a utilizar.

3.2.4.13.2 Exigências de facilidade de manutenção [179]

Definição:

Indicação das medidas necessárias para manter a divisória tão próxima quanto possível do seu estado inicial.

Característica:

Descrição das operações de manutenção.

Modo de avaliação da característica:

Ensaio de acordo com as indicações do fornecedor ou projectista.

Especificações de desempenho:

Definição pelo fabricante ou pelo projectista do sistema da frequência das operações de manutenção e da mão-de-obra e dos produtos a utilizar.

3.2.4.14 Exigências de adaptação à utilização normal [179]

3.2.4.14.1 Exigência de aptidão para fixar cargas suspensas

Definição:

A divisória, reforçada ou não, deve estar preparada para permitir a fixação de cargas verticais suspensas tais como lavatórios, estantes ou outros móveis que não apoiam

directamente sobre os pavimentos. Deve ainda permitir a fixação de objectos leves tais como quadros ou outros elementos de decoração.

Características:

Tipos de fixações a usar em divisórias não reforçadas.

Especificação de reforços a utilizar para suspender cargas verticais pesadas.

Modo de avaliação das características:

Ensaios associados a soluções-padrão ou à solução específica de cada fabricante e relativos a choques e suspensões de carga.

Especificações de desempenho:

Indicação pelo fabricante da classe de resistência do seu sistema para divisórias reforçadas e não reforçadas por exemplo de acordo com o ETAG/IPS.

3.2.4.14.2 Exigências de aptidão para permitir a incorporação de instalações

Definição:

A divisória deverá permitir a incorporação de elementos das instalações eléctricas, de abastecimento de água, de saneamento e de aquecimento ou ventilação ou quaisquer outros serviços a incorporar no edifício.

Característica:

Indicação dos equipamentos passíveis de serem montados no interior das divisórias.

Modo de avaliação da característica:

Verificação experimental das condições indicadas pelo fabricante.

Especificações de desempenho:

Especificação rigorosa por parte do fabricante dos diversos processos de incorporar instalações e dos cuidados a ter de modo a não afectar globalmente o desempenho da divisória nomeadamente dos pontos de vista mecânico e acústico.

3.2.4.14.3 Exigência de manutenção das características após acção dos choques de serviço

Definição [142]:

A divisória deverá ter a robustez e rigidez que lhe permita resistir a acções estáticas e dinâmicas resultantes da presença dos utentes de modo a não apresentar deformações inconvenientes, impressão de falta de estabilidade ou qualquer outro dano que torne evidente a sua degradação relativamente à situação inicial.

Característica:

Comportamento da divisória quando sujeita a ensaios de choques de serviço.

Modo de avaliação da característica:

Ensaio de choque de corpo duro de 0,5 kg.

Ensaio de choque de corpo mole de 50 kg.

Quantificação da exigência:

Não existe qualquer disposição normativa ou regulamentar portuguesa que quantifique esta exigência.

Poderá assim seguir-se o ETAG/IPS [142] que prevê 4 classes de utilização (I - IV) definidas conforme valores dos Quadros 3.17 e 3.18.

Quadro 3.17 - Classes de utilização associadas aos resultados dos ensaios de choque de corpo duro de 0,5 kg

Categoria de uso	**Energia Ensaio de choque de serviço[21]**	**Condição de aprovação**
I	1 x 2,5 Nm	Registar os diâmetros das mossas. O provete não deve perder de forma significativa as suas características funcionais.
II	1 x 2,5 Nm	
III	1 x 6 Nm	
IV	1 x 6 Nm	

[21] Em todos os pontos fracos do provete.

Quadro 3.18 - Classes de uso associadas aos resultados de choques de serviço com corpo mole de 50 kg

Categoria de uso	Nº de choques e energia de Ensaio	Condição de aprovação
I	3 x 60 Nm	Não há perdas graves de funcionalidade
II	3 x 120 Nm	Máxima deformação residual inferior a 5 mm. Registar a máxima deformação instantânea resultante do ensaio.
III		
IV		

3.2.4.15 Exigências de durabilidade

Definição:

A divisória, quando sujeita aos agentes que a seguir se enumeram, deve conservar as suas características de desempenho iniciais e manter os seus acabamentos sem alterações inaceitáveis durante um período de vida aceitável, normalmente não inferior a 30 anos, e desde que sejam executadas com normalidade as operações de manutenção especificadas pelo fabricante ou projectista.

Os agentes a que se refere o parágrafo anterior são os seguintes:

- acções repetidas de choque, manobra ou batimentos de portas ou outros elementos fixos ou móveis da divisória;
- acções de natureza higrotérmica;
- acções de água de construção, de lavagem, de condensação ou provenientes de outras fontes da construção por fenómenos hidráulicos de capilaridade ou percolação;
- outras acções de natureza físico-química tais como retracção, dilatação, fenómenos higroscópicos, acção de produtos de limpeza e acções de agentes biológicos como fungos e insectos.

Característica:

Tempo de vida útil, em anos, estimado para a parede.

Modo de avaliação da característica:

Não é possível avaliar, geralmente, por ensaio o tempo de vida útil de uma solução de parede interior.

A avaliação deverá assim ser efectuada a partir de julgamento de perito baseado em analogias que possam ser confirmadas pela experiência anterior.

Especificações de desempenho:

O fabricante deverá especificar o tempo de vida médio da solução que propõe.

É normal aceitar-se como comprovado pela prática os valores de 50 anos [77] para soluções pesadas tradicionais e de 20 a 30 anos para soluções prefabricadas leves [142].

3.2.4.16 Exigências de facilidade de transporte e armazenamento

3.2.4.16.1 Exigência de facilidade de transporte dos elementos

Definição (de acordo com [179]):

Os elementos constituintes duma parede deverão ter a massa e dimensões que permitam o seu fácil transporte desde o seu local de fabrico até à obra e desde o seu local de armazenamento em obra até ao seu ponto de aplicação final.

Característica:

Massa e dimensões dos diversos elementos constituintes da parede antes de ser montada.

Modo de avaliação da característica:

Qualquer método e equipamento que limite os erros a 1%.

Especificações de desempenho:

Deverão ser definidas pelo fabricante ou projectista as características de massa e dimensões de todos os elementos constituintes da parede.

Normalmente aceita-se que a massa de cada elemento não deva exceder 30/40 kg e que a geometria dos elementos seja tal que não conduza a grandes dificuldades de manuseamento em obra com os meios correntemente utilizados (gruas, monta-cargas, porta-paletes, ...).

3.2.4.16.2 Exigência de aptidão para o armazenamento

Definição:

Os elementos constituintes da parede deverão ser de fácil arrumação e armazenamento e quando embalados não deverão sofrer alterações de características que ponham em causa o seu desempenho em situação de serviço.

Característica:

Forma de armazenar os diversos elementos constituintes da parede.

Modo de avaliação da característica:

Verificação da correspondência entre as indicações dos fabricantes e o real comportamento dos elementos quando armazenados.

Especificações de desempenho:

Os fornecedores dos diversos elementos da parede deverão indicar as condições em que esses elementos deverão ser armazenados. Podemos distinguir três situações [179]:

- embalagens que necessitam de armazenamento em compartimento fechado e com temperatura e humidade controladas;
- embalagens que necessitam de protecção solar e/ou pluvial;
- embalagens que podem ser armazenadas ao tempo.

3.2.4.17 Exigência de facilidade de montagem e desmontagem (divisórias amovíveis)

Definição:

As paredes deverão ser montadas de acordo com rendimentos de colocação e montagem universalmente aceites como razoáveis.

Característica:

Rendimentos de mão-de-obra de montagem e desmontagem.

Modo de avaliação da característica:

Controlo directo em obra.

Especificações de desempenho:

O fabricante deverá indicar valores máximos, mínimos e médios relativos aos rendimentos de mão-de-obra da solução que comercializa.

CAPÍTULO 4

DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

4.1 Objectivo

O objectivo deste capítulo consiste na apresentação da terminologia e principais definições associadas aos sistemas de divisórias leves prefabricadas.

Segue-se de perto a classificação apresentada no capítulo anterior (ver Quadro 3.5). Apresentam-se exemplos das principais situações referidas nessa classificação.

Nessa classificação listaram-se as soluções possíveis para quatro critérios considerados fundamentais e que se voltam a recordar:

- a facilidade de montagem, desmontagem e mobilidade;
- o tipo de estrutura resistente;
- a constituição da divisória;
- o tipo de junta entre elementos.

Em geral, o critério principal seguido na classificação de soluções de divisórias prefabricadas é o critério "facilidade de montagem, desmontagem e mobilidade". De acordo com este critério podem subdividir-se as divisórias em fixas, desmontáveis, amovíveis e móveis.

O critério "tipo de estrutura resistente" é também bastante importante. Segundo este critério as divisórias podem ter estrutura independente interior e placas de revestimento ou serem realizadas à base de painéis resistentes.

Em relação ao critério "constituição da divisória" consideraram-se três sub-critérios: o tipo de estrutura (simples ou dupla), o tipo de revestimento (simples, duplo e triplo ou superior) e o tipo de fixação do absorvente acústico (fixado mecanicamente de forma descontínua ou suspenso).

Em relação ao critério "tipo de junta entre elementos" consideraram-se também quatro situações possíveis:

- estrutura à vista com cobre-juntas;
- estrutura oculta com junta aberta;
- estrutura oculta com cobre-juntas;
- junta para revestir com argamassas.

Cruzando estes quatro critérios principais encontramos uma grelha de possibilidades de classificação muito extensa.

Entendeu-se que não seria razoável apresentar exemplos de soluções classificadas segundo os quatro critérios vistos em simultâneo (seriam necessários pelo menos 96[1] exemplos, sem contar com as variantes e sub-divisões de sub-critérios).

---

(1) $96 = 4 \times 2 \times 3 \times 4$

Considerou-se que seria mais funcional apresentar cada sub-critério de forma isolada, agrupando ou sub-dividindo os sub-critérios sempre que tal se mostrasse adequado.

Os exemplos de soluções que se apresentam podem assim servir para ilustrar em simultâneo mais que uma das possibilidades listadas na classificação.

Para concluir esta definição de objectivos deve entender-se este capítulo como uma síntese ilustrada das principais soluções de divisória leve prefabricada correntemente encontradas no mercado.

4.2 Pesquisa bibliográfica

Com vista à concretização do objectivo referido foi feita uma pesquisa bibliográfica associada a divisórias de divisórias leves prefabricadas. A lista de referências consultadas é exaustivamente indicada no índice de Bibliografia temática.

Referem-se em seguida as principais referências que serviram de base à compilação dos exemplos citados neste capítulo.

Na definição da terminologia seguiram-se os documentos "Cloisons, Plafonds" [69] e "Cloisons pour le Tertiaire" [71] de origem francesa (CATED) e a norma inglesa BS 5234.1 [39].

Na pesquisa de soluções, seguiram-se para além das referências [69] e [71], os livros "Tabiques" de Walter Henn [157], "Les cloisons dans le bâtiment" de René Bayon [21], "Fachadas + Partitiones" do MOPU espanhol [140] e sobretudo "Timber Design and Construction Sourcebook" de Goetz e outros [151].

Foi feita uma pesquisa do mercado ao nível das soluções disponíveis para placas de gesso cartonado tendo-se recolhido diversa informação dos fabricantes British Gypsum, Knauff, Placoplâtre e Pladur.

Ao nível das divisórias amovíveis foi feita uma pesquisa menos exaustiva dado o Mercado nacional ser muito pouco normalizado e existirem no mercado muitas soluções normalmente patenteadas das mais diversas origens ao nível da União Europeia. Consultaram-se catálogos franceses actualizados de soluções para divisórias amovíveis. Um relatório do LNEC elaborado por Vasconcelos Paiva e outros em 1977 [204] foi utilizado como referência geral relacionada com divisórias amovíveis.

Fez-se uma recolha exaustiva dos Documentos de Homologação franceses e ingleses existentes na área das divisórias leves prefabricadas.

Fez-se finalmente uma recolha exaustiva das normas europeias existentes no domínio tendo-se concluído que apenas existem códigos de boa prática em Itália, França, Inglaterra e Alemanha todos sobre divisórias realizadas com base em gesso cartonado (DTU 25.41 [154], DTU 25.42 [155], UNI 91541.1 [283], DIN 18183 [136], BS 8000.8 [43] e BS 8212 [42]).

Consultaram-se ainda diversas outras normas internacionais relacionadas com divisórias leves prefabricadas de que se destacam cinco normas italianas [278 a

282], uma norma americana [6] e sobretudo as normas alemãs e inglesas que a seguir se referem.

As normas alemãs DIN 4103.1 [133], DIN 4103.2 [134] e DIN 4103.4 [135] referem-se a divisórias em geral especificando terminologia, definições, critérios de dimensionamento, especificações de desempenho e métodos de ensaio para diversos tipos de divisórias.

Analogamente, as normas inglesas BS 5234.1 [39] e BS 5234.2 [40] são também normas de carácter geral relacionadas com divisórias.

Nas referências bibliográficas apenas se incluiram os títulos mais significativos.

4.3 Terminologia e exemplos

O Quadro 4.1 resume os exemplos de soluções que se apresentam neste sub-capítulo.

Quadro 4.1 - Divisórias leves prefabricadas - Exemplos de soluções

Critério principal	Exemplo de solução	Sub-capítulo	Figuras
Facilidade de montagem, desmontagem e mobilidade	Divisórias fixas	4.3.1	4.1
	Divisórias desmontáveis	4.3.2	4.2
	Divisórias amovíveis	4.3.3	4.3
	Divisórias móveis	4.3.4	4.4 a 4.6
Tipo de estrutura resistente	Divisórias com estrutura independente e placas de revestimento	4.3.5	4.3, 4.7 e 4.8
	Divisórias de painéis prefabricados	4.3.6	4.9 a 4.12
Constituição das divisórias	Divisórias com estrutura simples	4.3.7	4.1 a 4.11
	Divisórias com estrutura dupla	4.3.8	4.8 e 4.13
	Divisórias com revestimento simples duplo e triplo ou superior	4.3.9	4.8, 4.15 4.16 e 4.17
	Divisórias com isolante acústico fixado mecanicamente	4.3.10	4.1 a 4.7
	Divisória com isolante acústico suspenso	4.3.11	4.8
Tipo de junta entre elementos	Divisórias com estrutura à vista e cobre-juntas	4.3.12	4.3
	Divisórias com estrutura oculta e junta aberta	4.3.13	Anexo B
	Divisória com estrutura oculta e cobre-juntas	4.3.14	4.11
	Divisórias com junta para revestir a argamassa	4.3.15	4.18

4.3.1 Divisórias fixas

Divisórias fixas são divisórias que, pelas suas características, não podem ser desmontadas sem ser destruídas total ou parcialmente.

Em caso de desmontagem, os elementos constituintes das divisórias fixas são muito dificilmente recuperáveis e os trabalhos de demolição normalmente acarretam "avarias" nos sub-sistemas envolventes.

Normalmente, nas divisórias fixas os elementos constituintes (painéis ou estrutura e placas) necessitam de mão-de-obra de acabamento a aplicar em obra (revestimentos, pinturas, tratamento de juntas, ...).

A generalidade dos sistemas com base em placas de gesso cartonado devem ser incluídos neste grupo. O facto de as paredes necessitarem de tratamento de juntas e acabamento final das superfícies não aconselham o seu reaproveitamento como resultado de uma eventual desmontagem.

A figura 4.1 representa o exemplo de uma solução corrente de divisória fixa com base em placas de gesso cartonado.

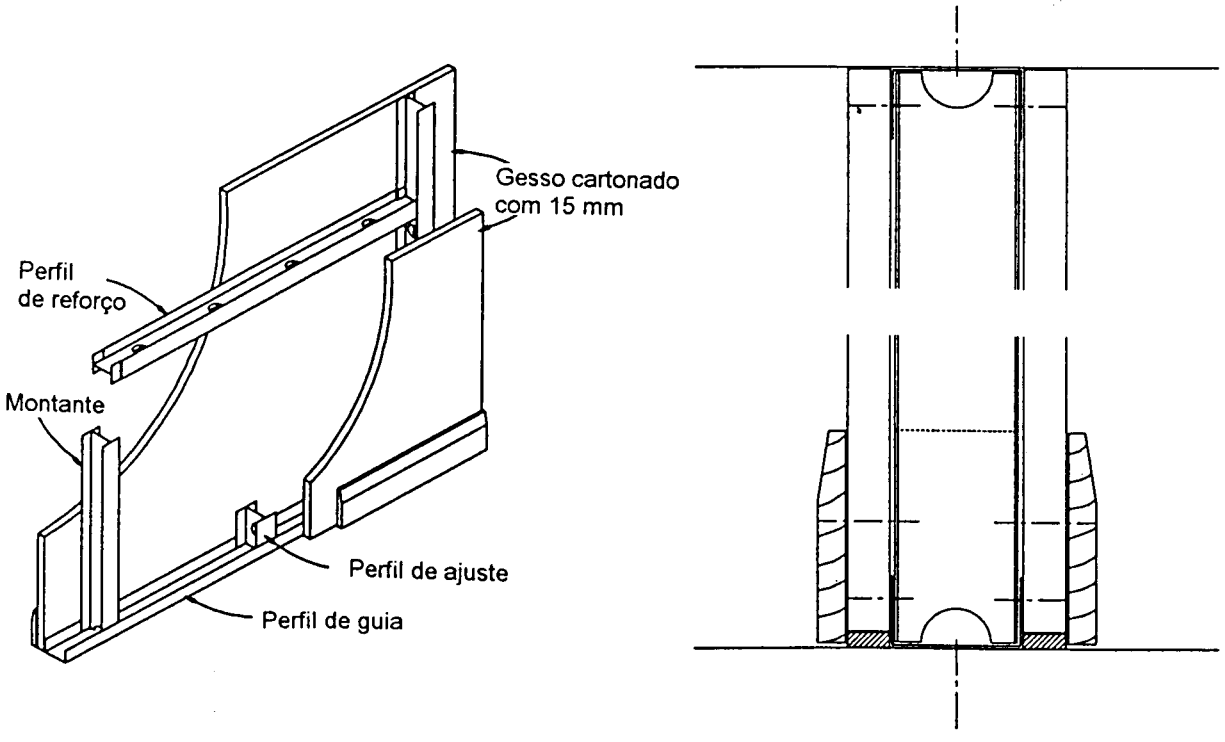


Figura 4.1 - Divisória fixa
(adaptado de catálogo "Gypwall" da British Gypsum [35])

4.3.2 Divisórias desmontáveis

Divisórias desmontáveis são divisórias cuja eventual desmontagem não afecta os sub-sistemas periféricos. A nova montagem destes sistemas pode implicar a substituição de algumas peças ou a modificação de alguns elementos constituintes. Os elementos deste tipo de divisórias são normalmente modulados. Após desmontagem a maior parte dos elementos do sub-sistema pode ser reaplicado sem qualquer adaptação.

A figura 4.2 apresenta um exemplo de uma solução desmontável com base em placas de gesso cartonado. Nesta solução todos os componentes são reutilizáveis com excepção dos mastiques.

4.3.3 Divisórias amovíveis

Divisórias amovíveis são divisórias em que todos os elementos constituintes são facilmente desmontáveis sem implicar degradação importante do seu aspecto ou qualidade. Os sub-sistemas periféricos não são afectados pela desmontagem.

As divisórias amovíveis são facilmente reutilizáveis e normalmente moduladas.

A posição relativa de todos os seus componentes pode ser alterada (módulos de portas, módulos correntes, módulos de envidraçado, ...). Os diversos componentes do sistema conservam as suas propriedades qualquer que seja o número de montagens e desmontagens que se efectuem (obviamente dentro de um número razoavelmente reduzido). Neste contexto, as propriedades referidas são por exemplo o aspecto, o isolamento sonoro aos sons aéreos ou a resistência ao fogo.

A figura 4.3 apresenta um exemplo de uma solução amovível realizada a partir de uma estrutura de alumínio a colocar à vista e destinada a suportar placas de aglomerado de partículas revestidas a papel melanímico com acabamento de fábrica.

4.3.4 Divisórias móveis

Divisórias móveis são divisórias em que os elementos constituintes se deslocam sobre caminhos fixos destinados a guiar o deslocamento (calhas, carris, ...) rigidamente fixados à estrutura do edifício.

Os elementos constituintes podem ser manobrados por operadores não qualificados e sem grande esforço. Este tipo de divisórias permite separar ou reunir quase instantaneamente dois locais contíguos. O sistema de divisórias deve conservar as suas propriedades no tempo independentemente do número de operações de abertura/fecho.

Estão incluídas nas divisórias móveis os seguintes tipos de divisórias:

- as divisórias de painéis móveis;
- as divisórias de painéis articulados rígidos;
- as divisórias do tipo fole.

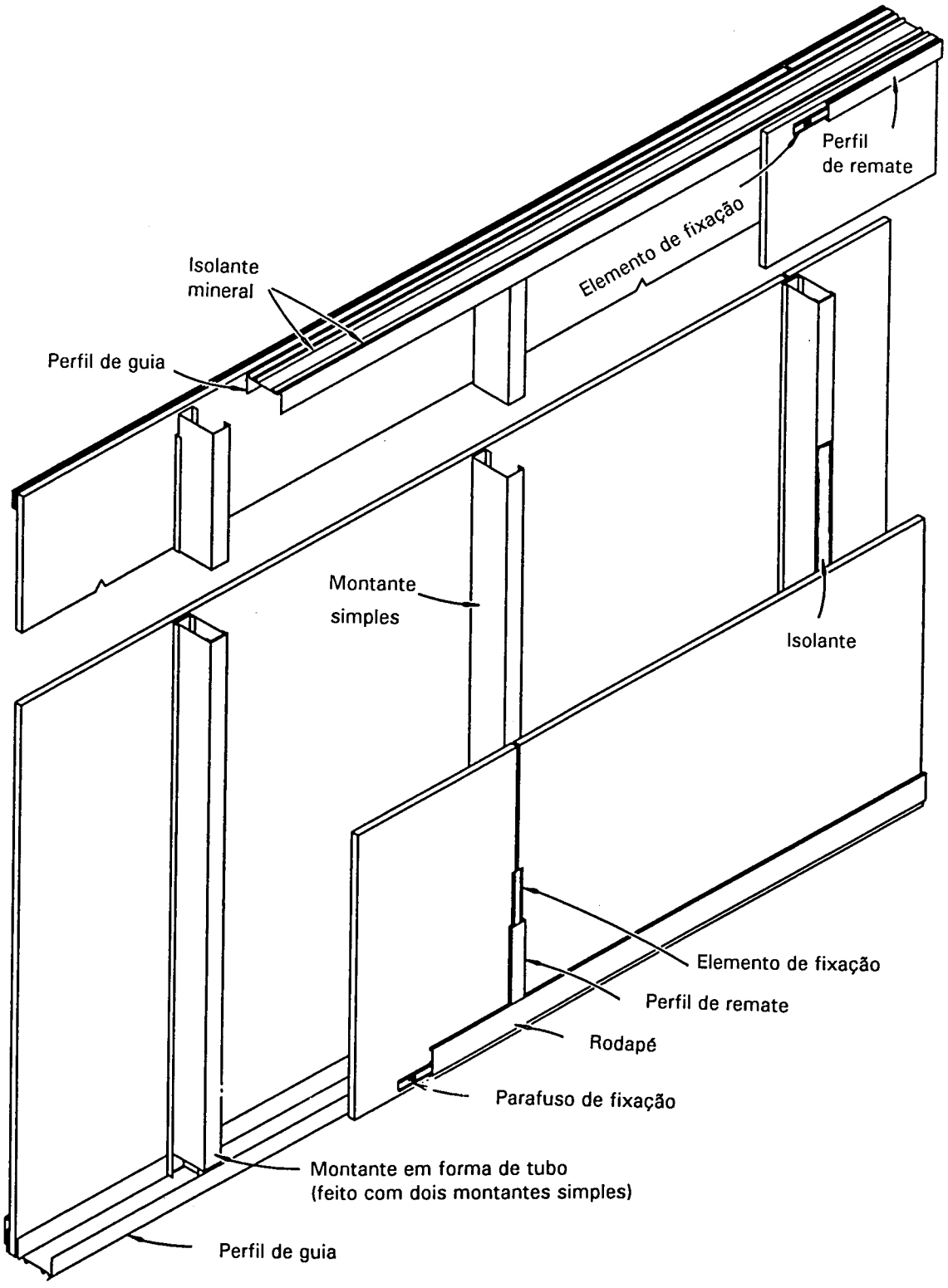


Figura 4.2 - Divisória desmontável
(adaptado do catálogo "Demountable partition" da British Gypsum [27])

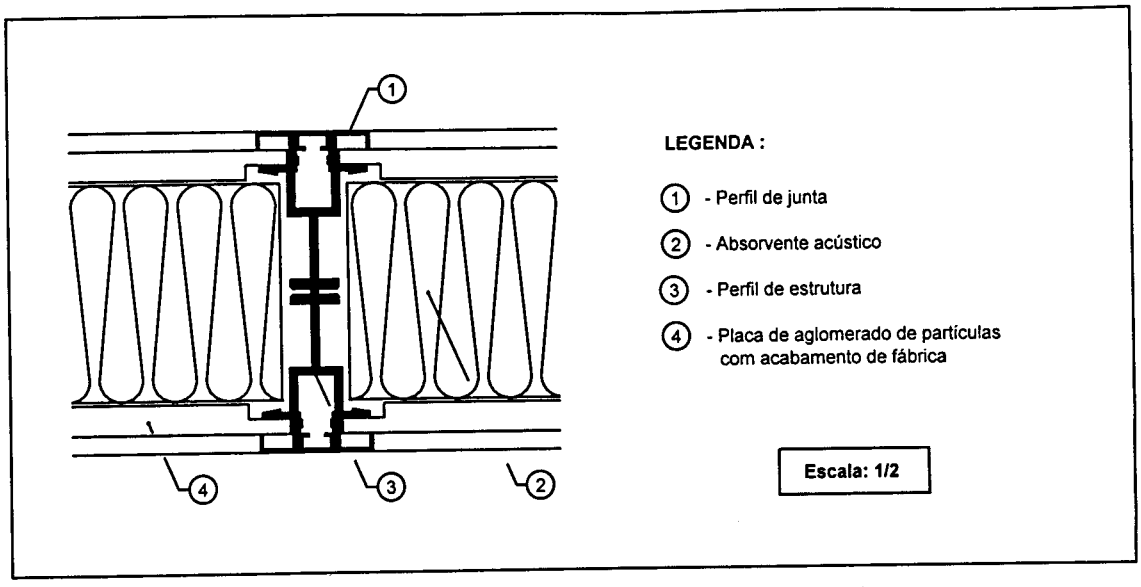


Figura 4.3 - Divisória amovível
(adaptado de catálogo "Eurodivisal")

4.3.4.1 Divisórias de painéis móveis

Estas divisórias incluem painéis móveis do tipo monobloco separados entre si.

A divisória materializa-se por simples encosto dos diversos painéis.

Existe sempre uma calha superior de onde os painéis são suspensos. Inferiormente pode existir uma calha ou um sistema de rolamento na base de cada painel.

A junta vertical entre painéis e as ligações horizontais ao nível do topo e base devem ser cuidadosamente estudadas de modo a permitir obter o desempenho acústico exigível para o tipo de utilização previsto.

Normalmente os painéis podem ser rodados em torno de um ponto situado no seu topo superior de modo a poderem ser arrumados no sentido perpendicular ao alinhamento da Parede.

A figura 4.4 apresenta um exemplo de divisória de painéis móveis.

4.3.4.2 Divisórias de painéis articulados rígidos

Estas divisórias são em tudo análogas às divisórias de painéis móveis. A única alteração relaciona-se com a forma de arrumação. Os painéis são articulados entre si ao longo das respectivas juntas verticais.

Os painéis têm grandes dimensões. Não existem calhas na face inferior e a arrumação da divisória é do tipo fole.

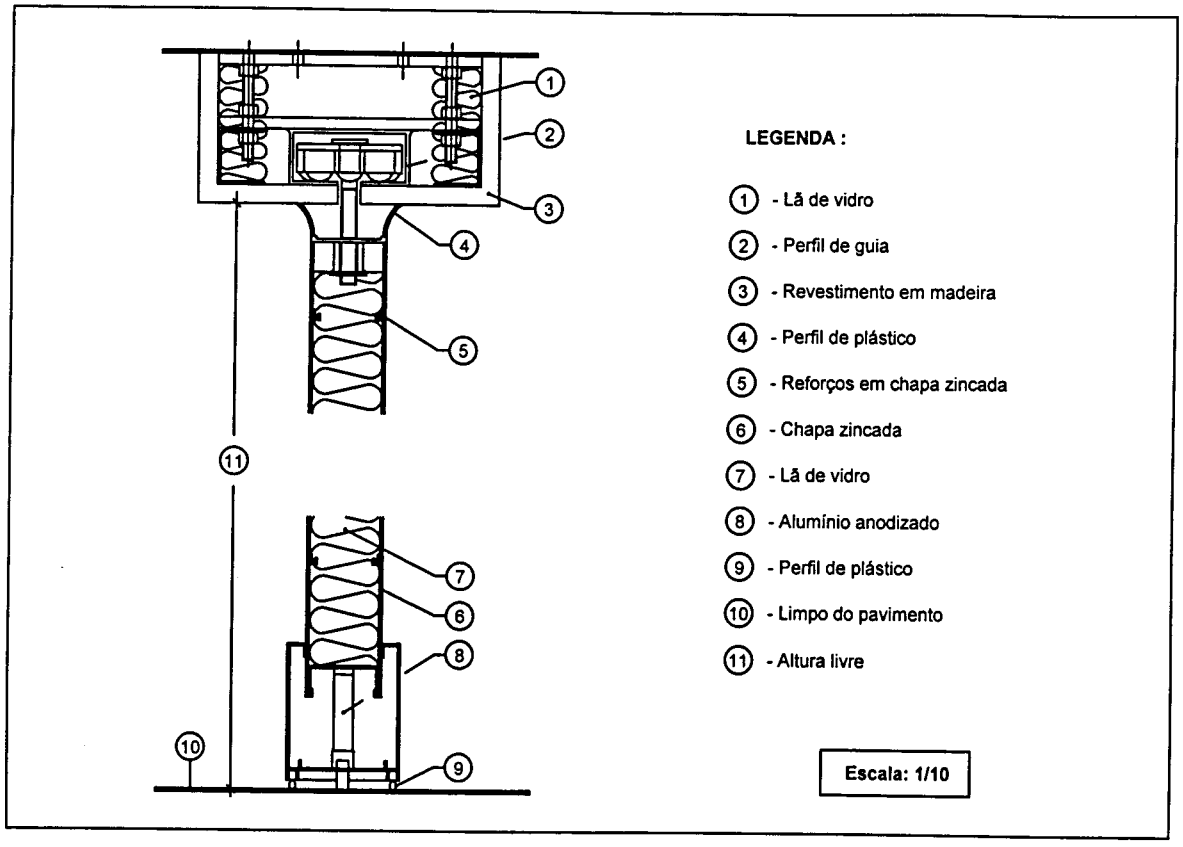


Figura 4.4. - Divisória de painéis móveis (adaptado de "Cloisons, Plafonds"[69])

Estas divisórias têm grandes afinidades com as portas correntes do tipo fole realizadas a partir de lâminas de chapa zincada.

A figura 4.5 apresenta exemplos de divisórias deste tipo.

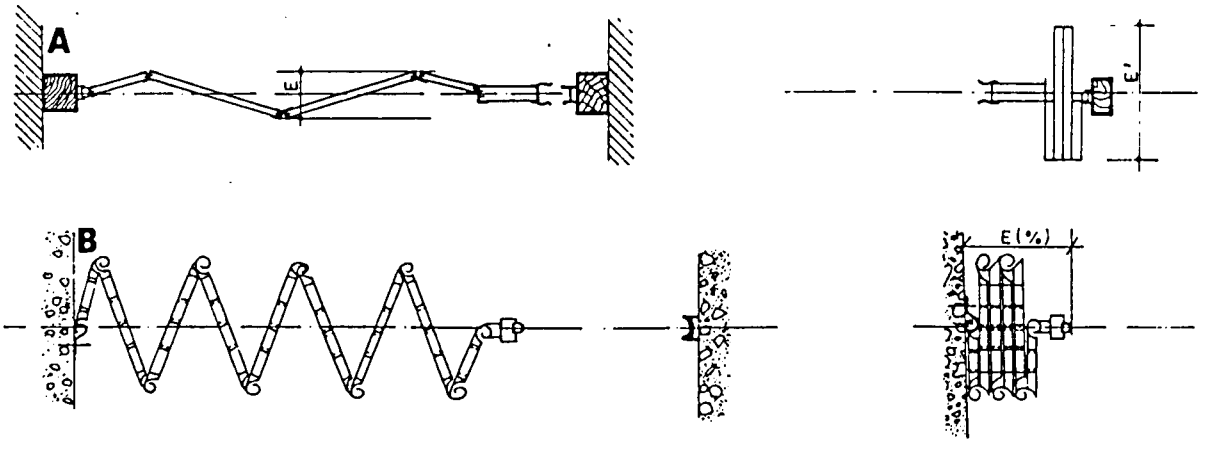


Figura 4.5 - Divisórias de painéis articulados rígidos (adaptado de "Cloisons, Plafonds"[69])

4.3.4.3 Divisórias de fole

As divisórias de fole são divisórias móveis de parede dupla em que um revestimento rígido ou flexível reveste uma estrutura que se desloca articuladamente ao longo de uma calha superior e guiada por uma calha inferior. O mecanismo de rolamento é, como habitualmente, colocado na calha superior.

A figura 4.6 apresenta dois exemplos de divisórias de fole.

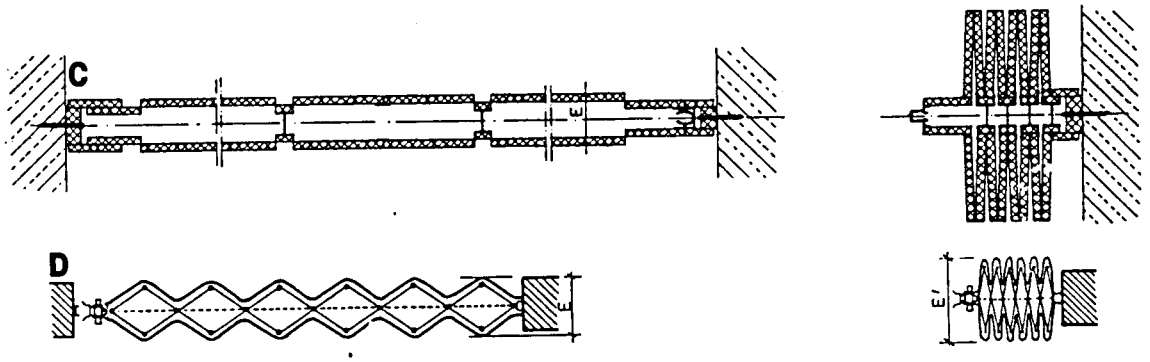


Figura 4.6 - Divisórias de fole
(adaptado de "Cloisons, Plafonds"[69])

4.3.5 Divisórias com estrutura independente e placas de revestimento

Esta divisórias representam a grande maioria das soluções de divisória leve prefabricada.

Podem ser fixas, desmontáveis ou amovíveis.

A estrutura interior é normalmente de alumínio, madeira ou chapa zincada.

A figura 4.3 representa um exemplo de divisória com estrutura interior de alumínio para ficar à vista com cobre-juntas também em alumínio e que para além de "tratar" a junta serve também para fixar as placas de revestimento que são assim aplicadas por encaixe.

A figura 4.7 representa exemplos de soluções com estrutura de madeira oculta para fixação de placas de revestimentos de diversos materiais.

A figura 4.8 representa o exemplo de uma solução com base em placas de gesso cartonado com revestimento por duas placas aplicadas contra-fiadas, estrutura dupla de perfis de chapa zincada de forma em "U" e isolamento acústico com manta de lã de rocha suspensa no interior das duas linhas de perfis.

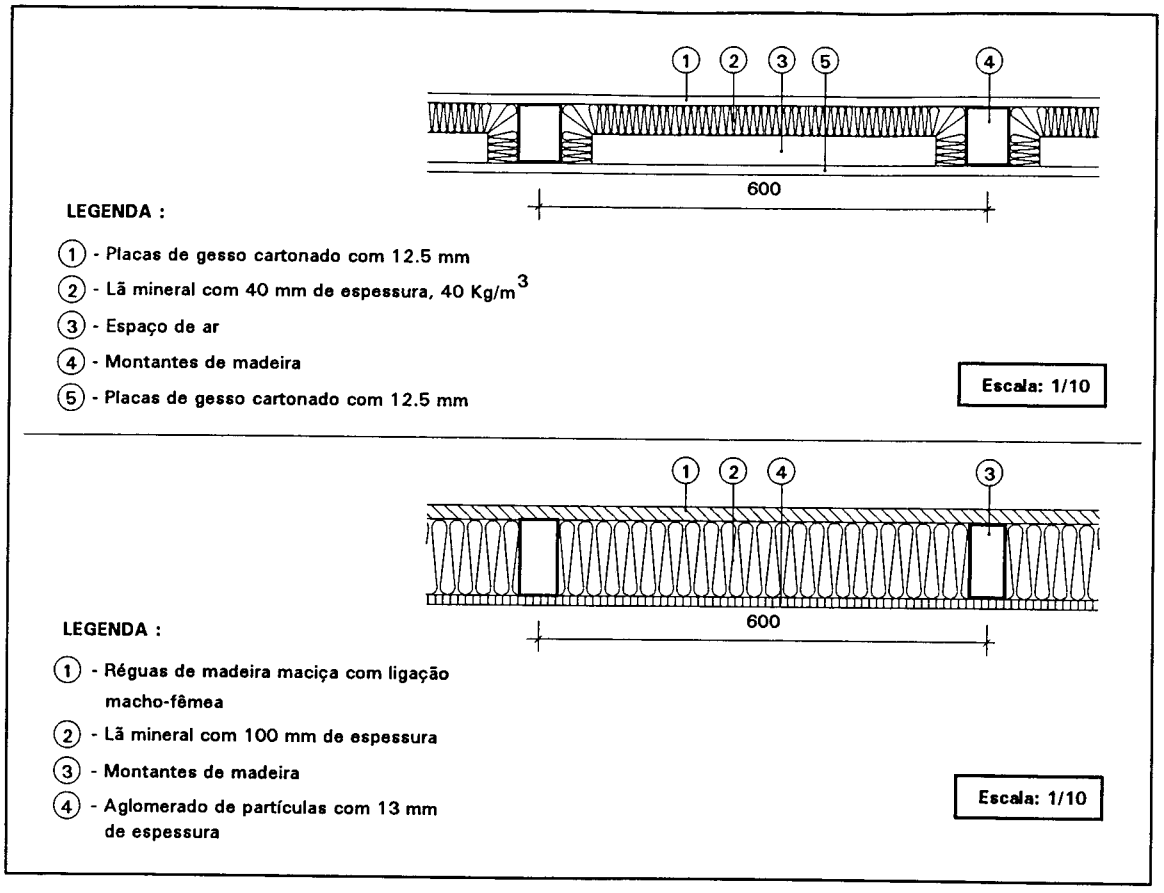


Figura 4.7 - Divisórias com estrutura interior em madeira (adaptado de Goetz e outros [151])

As soluções com base em gesso cartonado utilizam em geral perfis de chapa zincada patenteados, concebidos pelos diversos fabricantes. Constata-se que este tipo de solução conduz a uma melhoria significativa do desempenho acústico (em relação à estrutura de madeira) sem que a resistência mecânica baixe de forma alarmante.

4.3.6 Divisórias de painéis prefabricados

4.3.6.1 Divisórias de placas de gesso cartonado sobre favo de cartão

Esta é a divisória leve prefabricada mais simples e barata de todas as existentes no mercado com base em placas de gesso cartonado.

É um sistema de divisórias construído com base em painéis auto-portantes e de altura de andar.

A figura 4.9 apresenta um exemplo de divisória deste tipo.

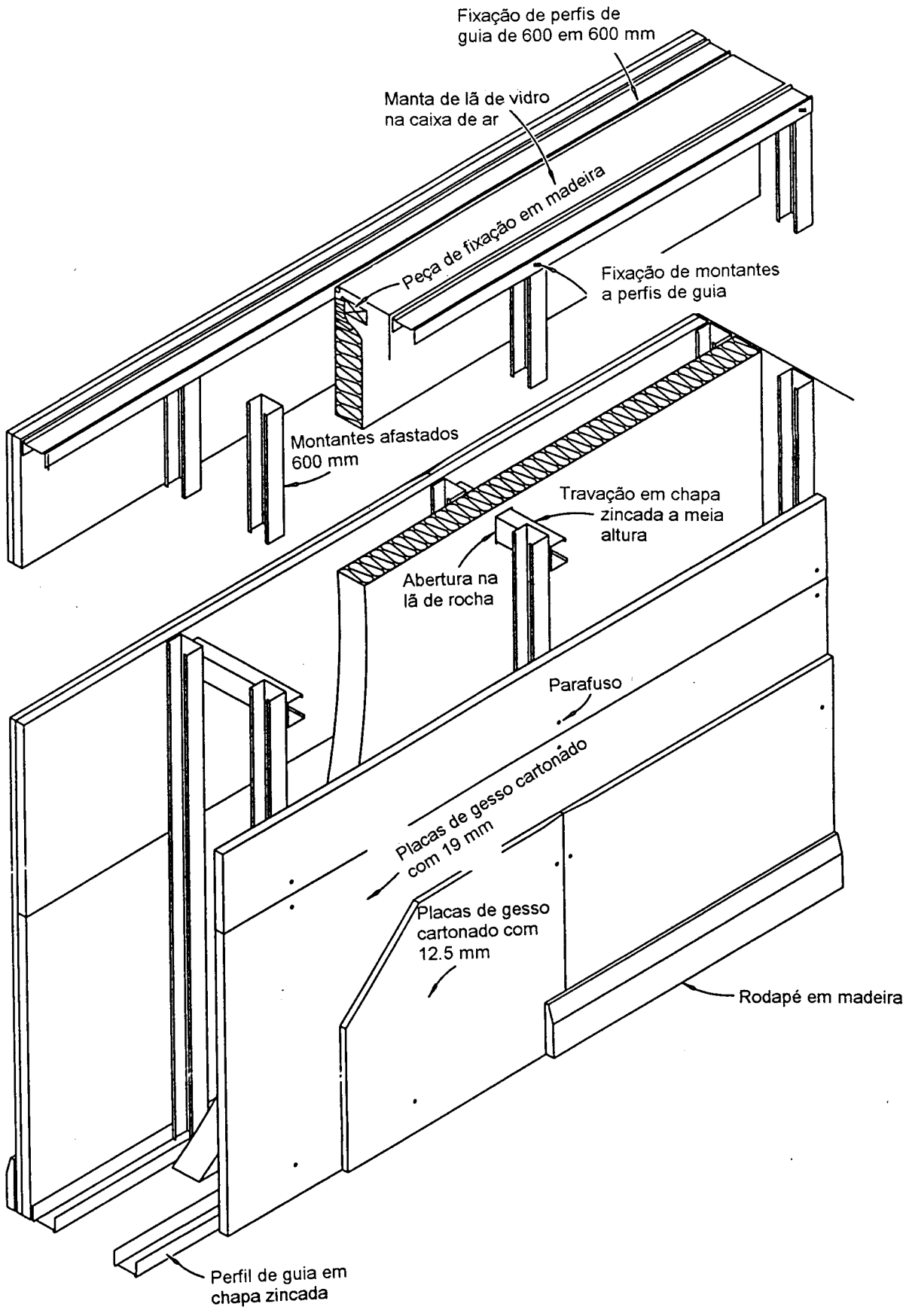


Figura 4.8 - Divisória com estrutura interior em perfis de chapa zincada (adaptado do catálogo "Metal stud separating wall" da British Gypsum [30])

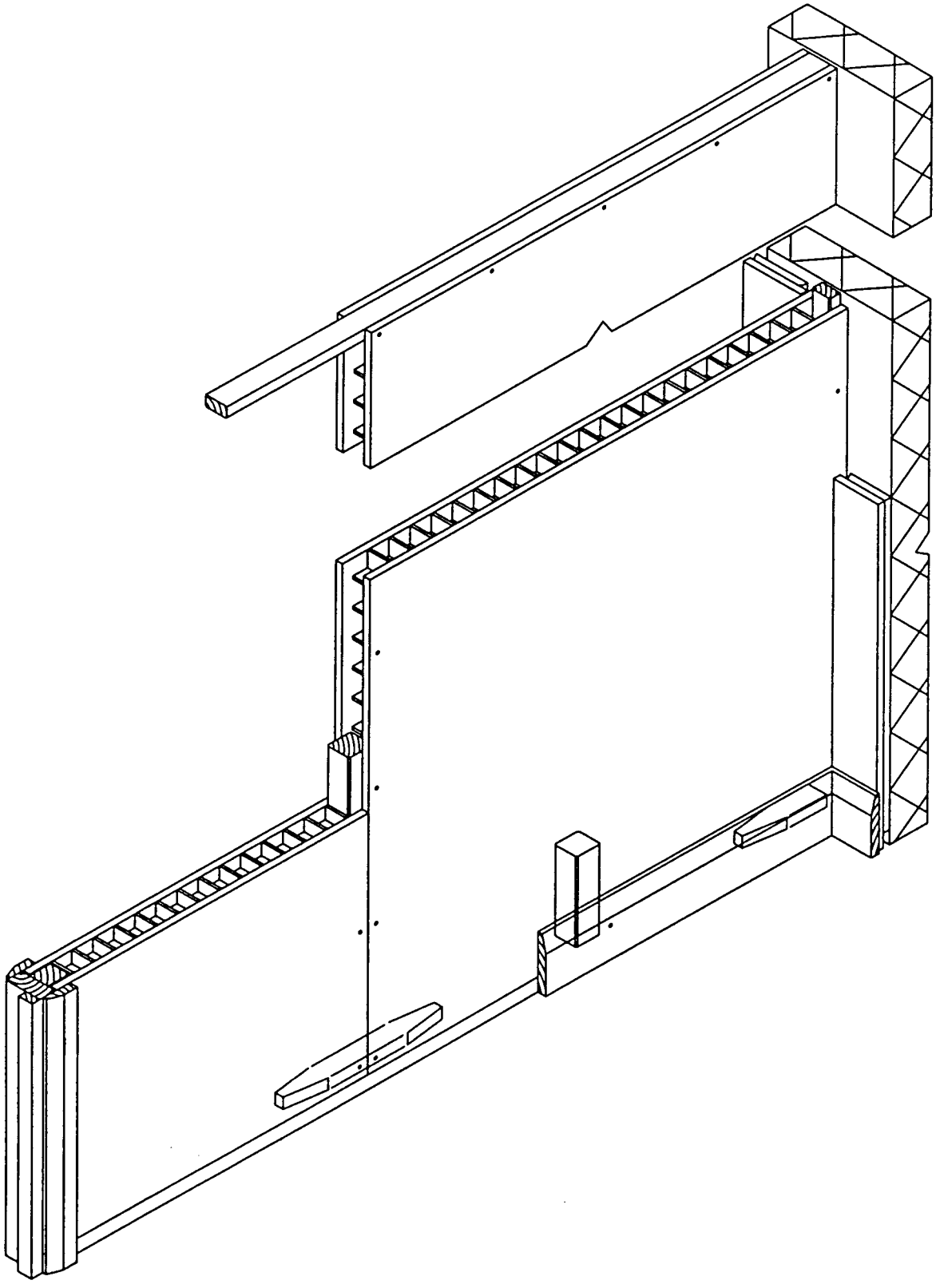


Figura 4.9 - Divisória de gesso cartonado sobre favos de cartão (adaptado do catálogo "Paramount dry partition" da British Gypsum [32])

4.3.6.2 Divisórias de painéis monobloco

As divisórias de painéis monobloco são divisórias constituídas por painéis em que a estrutura e o elemento de revestimento formam um conjunto monobloco totalmente estanque. Estes módulos monobloco são normalmente totalmente acabados em fábrica e chegam à obra prontos a aplicar.

A montagem deste tipo de divisórias faz-se normalmente por acoplamento de topo sendo a estabilidade do conjunto assegurada por peças de ligação especialmente concebidas para o efeito.

Os painéis monobloco de melhor qualidade são normalmente realizados com base em chapas metálicas que envolvem completamente uma alma oca ou preenchida com absorvente acústico. Incorporam-se nestas divisórias caminhos para instalações ou, em muitos casos, as próprias instalações já são aplicadas na fábrica.

A figura 4.10 apresenta um exemplo de solução de parede monobloco metálica.

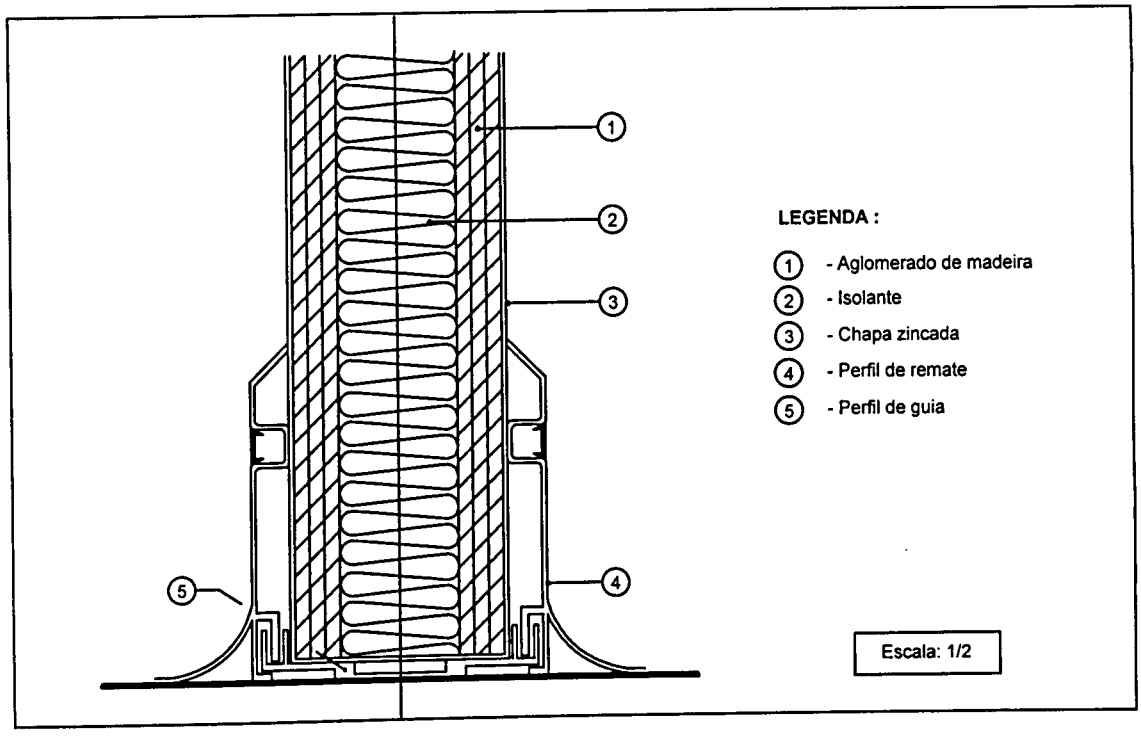


Figura 4.10 - Painel monobloco metálico
(adaptado de "Cloisons, Plafonds"[69])

4.3.6.3 Divisórias de painéis de madeira

Nos sistemas de prefabricação leve com base em madeira e derivados as divisórias interiores são normalmente realizadas com base em painéis prefabricados de madeira.

Em algumas situações os painéis são transportados para a obra incluindo já a incorporação em fábrica de duas placas de revestimento (uma de cada lado do painel). Em outras situações os painéis são aplicados em obra abertos de um dos lados ou sem qualquer placa de revestimento.

Em geral o acabamento final é dado em obra incluindo o tratamento das juntas.

As divisórias interiores usadas no sistema de prefabricação A.M.Mesquita, Lda, a que se refere o Documento de Homologação DH 246 [209] são divisórias de painéis de madeira.

A figura 4.11 representa um pormenor dessas divisórias.

4.3.6.4 Divisórias de painéis sanduíche

As paredes estudadas por A. P. Oliveira de Carvalho no âmbito da sua dissertação de Mestrado [240] são paredes de painéis do tipo sanduíche.

A resistência mecânica da parede é assegurada pelo conjunto das fatias da sanduíche.

As divisórias de painéis do tipo sanduíche são em tudo análogas às divisórias monobloco. Os módulos têm normalmente altura de andar e é necessário dar uma atenção especial à pormenorização de todas as juntas entre painéis.

As soluções de revestimento/acabamento de paredes de alvenaria (em paredes interiores ou em duplicação da fachada) são por vezes realizadas com base em painéis sanduíche. Nestes casos, a divisória não é normalmente auto-portante e necessita do apoio suplementar que lhe é conferido pela Parede de alvenaria.

A figura 4.12 apresenta um exemplo desta solução aplicada em duplicação de fachadas.

4.3.7 Divisórias com estrutura simples

Uma divisória destina-se a separar fisicamente dois espaços contíguos excepto no caso das paredes de duplicação de fachada. Na grande maioria das situações existem nas divisórias duas faces opostas. Cada uma dessas faces confina com um dos dois espaços objecto de compartimentação.

Uma divisória tem estrutura simples quando os seus elementos mecanicamente resistentes estão em contacto físico simultâneo com os materiais que definem as duas faces da divisória (ou eventualmente definem eles mesmos cada uma das duas faces - caso, por exemplo, dos painéis monobloco metálicos).

As divisórias com estrutura simples poderão ser de todos os tipos definidos nos pontos anteriores. Todas as divisórias a que se referem as figuras 4.1 a 4.11 são divisórias com estrutura simples.

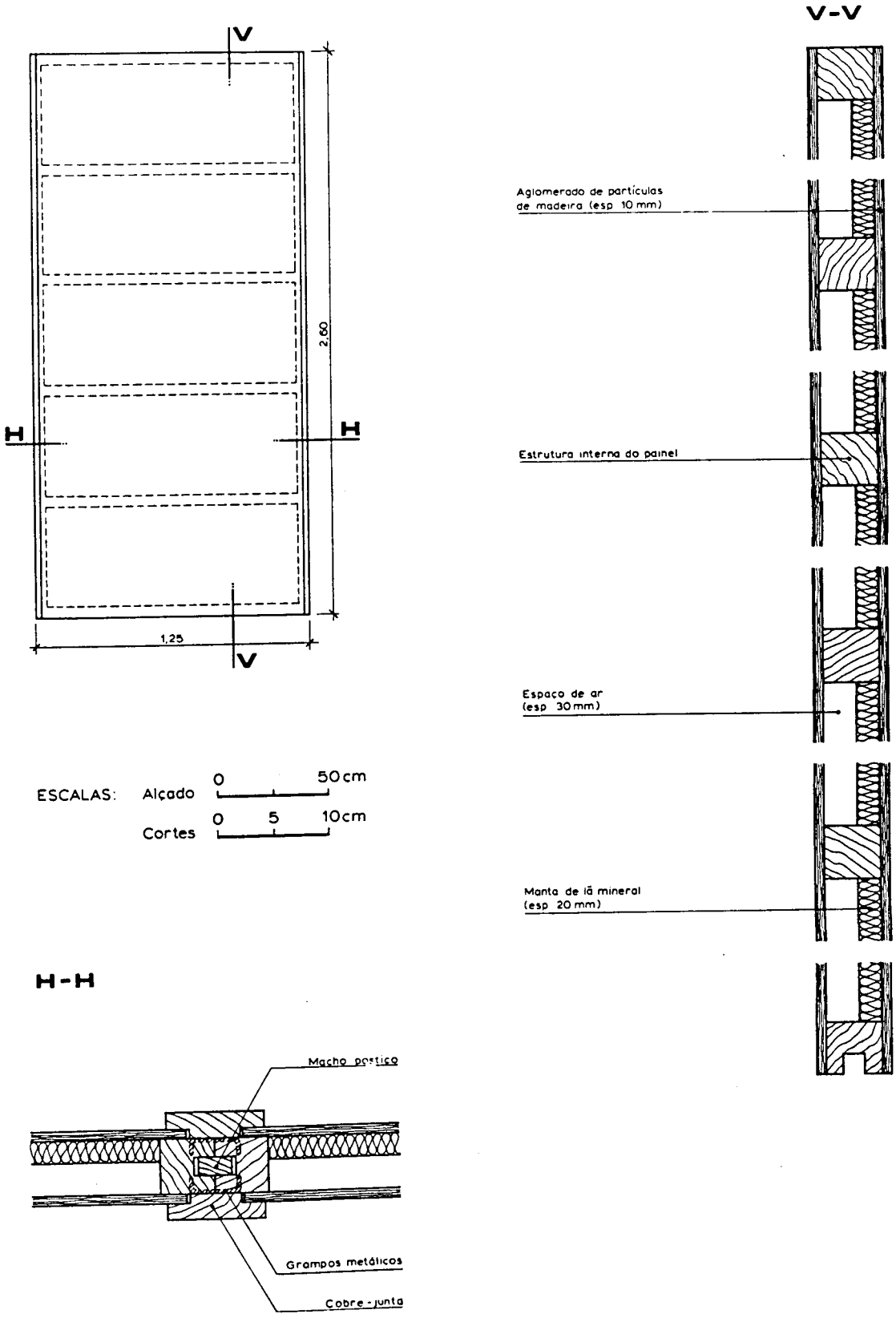


Figura 4.11 - Divisória interior - Painel monobloco de madeira (extraído de DH 246 [209])

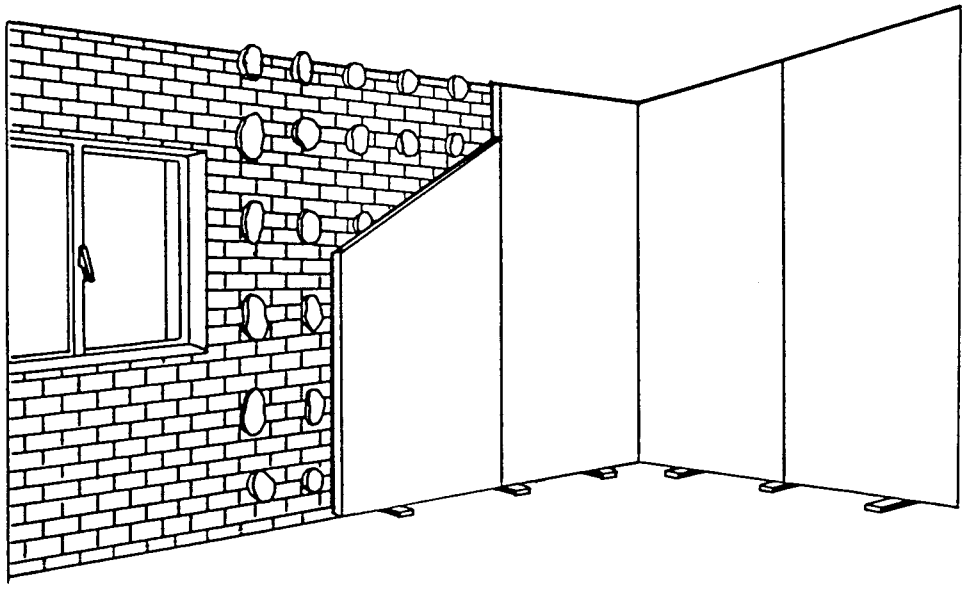


Figura 4.12 - Revestimento de painéis sanduíche (não autoportantes) (extraído do catálogo "Pladur")

4.3.8 Divisórias com estrutura dupla

Uma divisória tem estrutura dupla quando os elementos resistentes se podem dividir em duas sub-estruturas separadas mecanicamente de forma contínua e que suportam ou definem também separadamente as duas faces da divisória.

Desde que exista uma separação mecânica total ou quase total entre essas duas sub-estruturas a divisória diz-se dupla.

Alguns sistemas de estrutura dupla incluem elementos de ligação entre as duas sub-estruturas que influenciam de alguma forma o desempenho (nomeadamente acústico) da divisória. Não faz, no entanto, sentido considerar estes sistemas como simples. Talvez seja lógico distinguir essas situações definindo divisórias com estrutura dupla perfeita (sem contacto físico) e divisórias com estrutura dupla imperfeita (com algum contacto físico).

A figura 4.8 representa um bom exemplo de uma divisória com estrutura dupla imperfeita.

A figura 4.13 representa um exemplo de divisória com estrutura dupla perfeita.

4.3.9 Divisórias com revestimento simples, duplo e triplo ou superior

Na constituição dos sistemas de divisórias joga também um papel muito importante o número de placas a aplicar ao nível do revestimento.

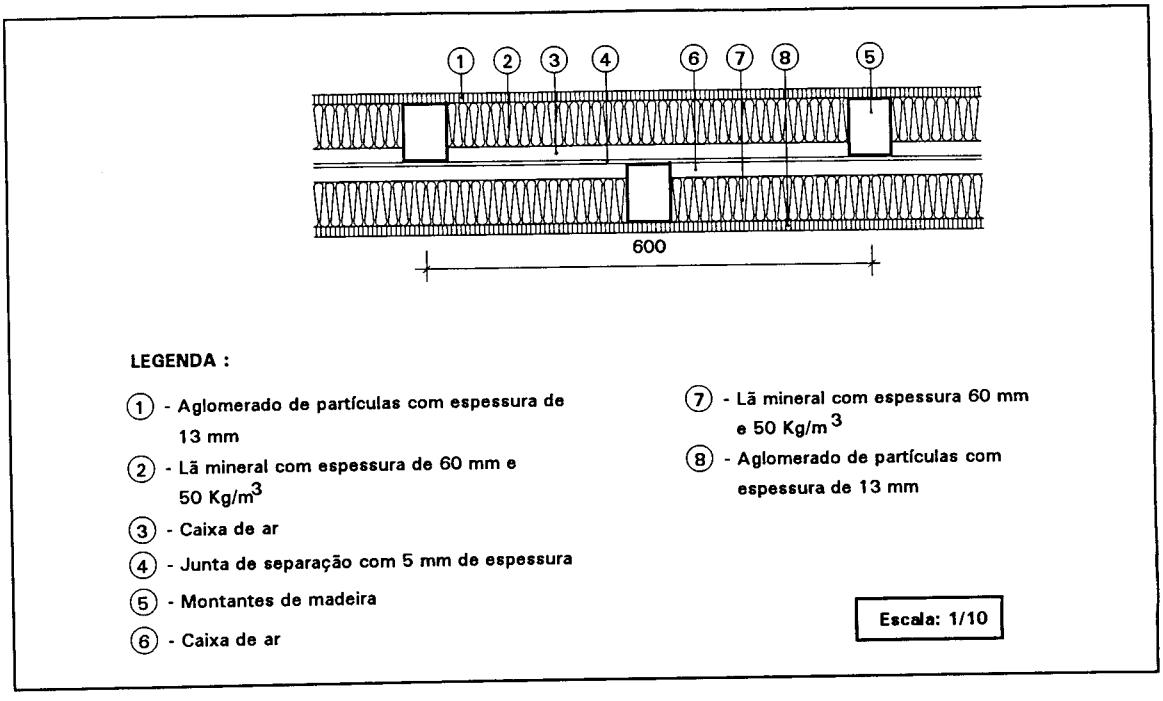


Figura 4.13 - Divisória com estrutura dupla perfeita (adaptado de Goetz e outros [151])

Em geral a aplicação de mais de uma placa de revestimento tem como objectivo obter divisórias com melhor desempenho para as diversas exigências, com especial incidência na exigência de isolamento sonoro aos sons aéreos. Constitui uma forma de melhorar o desempenho de soluções com estrutura simples sem encarecer excessivamente a solução. Permite assim obter soluções com níveis de desempenho intermédios entre os sistemas de estrutura simples e placa de revestimento simples e os sistemas de estrutura dupla.

A figura 4.14 esclarece este conceito.

A título de exemplo, refere-se que nos sistemas com estrutura de madeira é normal associar placas de derivados de madeira e de gesso cartonado para juntar as virtudes e defeitos das duas:

- a resistência mecânica e capacidade de suporte de cargas das placas de derivados de madeira;

- a possibilidade de "disfarçar" juntas e a boa resistência ao fogo das placas de gesso cartonado.

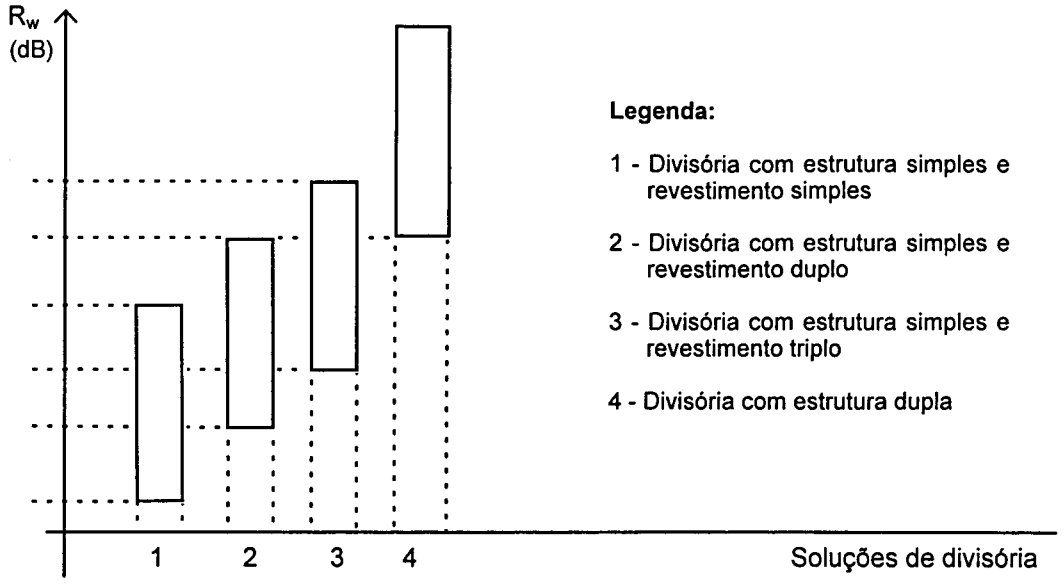


Figura 4.14 - Posição relativa do índice de isolamento sonoro aos sons aéreos (R_w) de divisórias com estrutura simples e com estrutura dupla

A figura 4.15 representa exemplos de diversas associações de gesso cartonado com derivados de madeira em sistemas com placa de revestimento dupla.

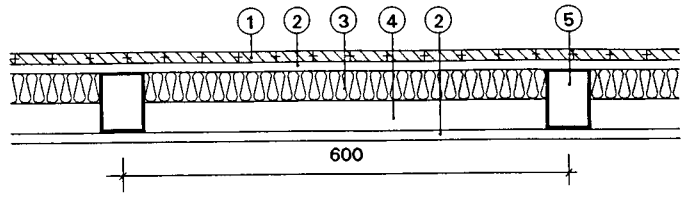
Existem muitas soluções com base em placas de gesso cartonado de placa dupla que se destinam a resolver diversos problemas relacionados com a montagem e o desempenho como por exemplo:

- os estragos causados pela montagem de instalações;
- a resistência mecânica;
- a resistência ao fogo;
- o isolamento aos sons aéreos.

A figura 4.8 representa um exemplo adequado. De notar que as placas são colocadas contra-fiadas (primeira camada com junta horizontal, segunda camada com junta vertical).

As soluções com placa de revestimento triplo ou superior destinam-se normalmente a resolver exigências de resistência ao fogo muito elevadas.

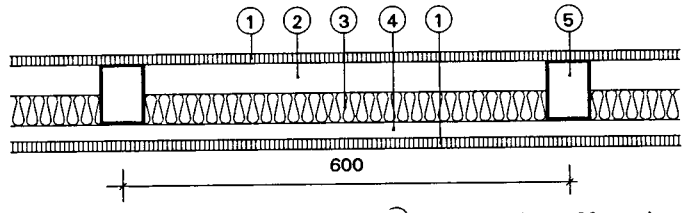
A figura 4.16 representa uma solução com estrutura dupla e placas de revestimento triplas e estrutura dupla no interior com resistência ao fogo de 4 horas avaliada de acordo com a norma BS 476.8 (1972).



LEGENDA :

(1) - Réguas de madeira com 14 mm de espessura e ligação macho-fêmea
(2) - Aglomerado de partículas com espessura de 13 mm
(3) - Lã mineral com espessura de 40 mm e 50 Kg/m^3
(4) - Caixa de ar
(5) - Montantes de madeira com 60 mm x 80 mm

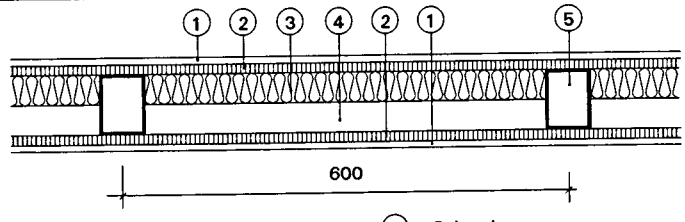
Escala: 1/10



LEGENDA :

(1) - Aglomerado de partículas com 13 mm de espessura
(2) - Caixa de ar
(3) - Lã mineral com 40 mm de espessura e 50 Kg/m^3
(4) - Lã mineral com 22 mm de espessura fixada com pregos 22/30
(5) - Montantes de madeira com 60 mm x 80 mm

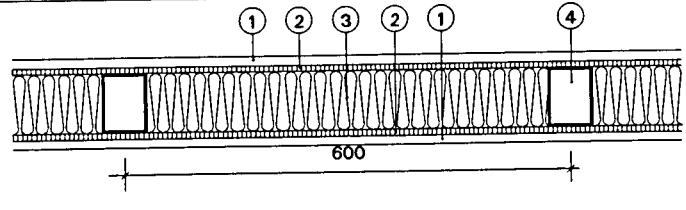
Escala: 1/10



LEGENDA :

(1) - Placas de gesso cartonado com 9.5 mm de espessura
(2) - Aglomerado de partículas com 13 mm de espessura
(3) - Lã mineral com 40 mm de espessura e 40 Kg/m^3
(4) - Caixa de ar
(5) - Montantes de madeira com 60 mm x 80 mm

Escala: 1/10



LEGENDA :

(1) - Placas de gesso cartonado com 12.5 mm de espessura
(2) - Aglomerado de partículas com 8 mm de espessura
(3) - Lã mineral com 80 mm de espessura e 100 Kg/m^3
(4) - Montantes de madeira com 60 mm x 80 mm

Escala: 1/10

Figura 4.15 - Exemplos de soluções de divisórias prefabricadas com revestimento duplo (adaptado de Goetz e outros [151])

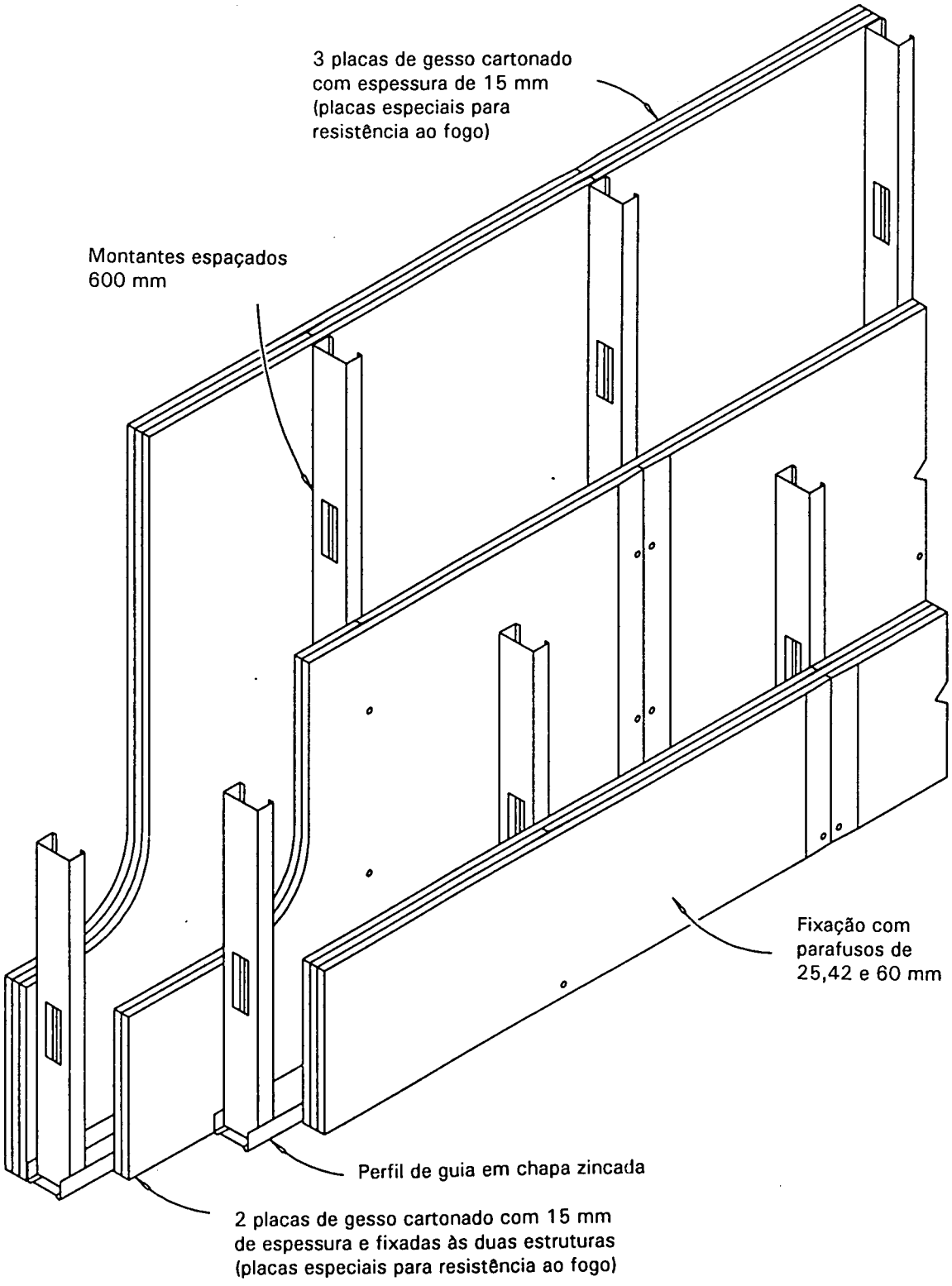


Figura 4.16 - Divisória com resistência ao fogo de 4 horas (adaptado do catálogo "Firewalls" da British Gypsum [37])

A figura 4.17 apresenta uma solução com estrutura simples e placa de revestimento quádrupla com resistência ao fogo de 3 horas ainda avaliada de acordo com a norma inglesa BS 476.8 (1972).

4.3.10 Divisórias com absorvente acústico fixado mecanicamente

A incorporação de um absorvente acústico no interior das divisórias permite obter ganhos consideráveis em termos de isolamento sonoro aos sons aéreos.

Habitualmente, o absorvente acústico é fixado mecanicamente à divisória. O isolante acústico (normalmente lã de rocha ou lã de vidro em painéis semi-rígidos) é fixado a uma das faces de divisória ou à estrutura da divisória e preenche total ou parcialmente os espaços de ar interior existentes na divisória.

A incorporação deste material destina-se a reduzir os efeitos de ressonância de cavidade e a aumentar a impedância acústica do espaço de ar interior das divisórias (ver capítulo 6). É normal "ganhar" cerca de 3 a 6 dB no valor de R_w com o preenchimento dos espaços de ar com absorventes acústicos.

As figuras 4.1 a 4.7 representam diversos exemplos de soluções de fixação do isolante acústico por este processo.

É possível tentar obter ganhos no índice R_w explorando o tipo de preenchimento da caixa de ar (total ou parcial, placa simples ou dupla, outras inovações). O sistema concebido no âmbito desta tese tenta explorar esta via.

4.3.11 Divisórias com aborvente acústico suspenso

A solução de fixação do absorvente acústico que conduz a melhores resultados tem fortes semelhanças com a prática corrente das paredes duplas de alvenaria.

Nestes casos existe uma separação total entre as duas semi-estruturas e o absorvente acústico é fixado por suspensão a partir de um suporte colocado no topo da divisória separado das duas semi-estruturas da divisória.

O absorvente é então aplicado como um "cortinado" ficando totalmente separado das duas semi-estruturas da divisória.

A figura 4.8 representa um exemplo desta solução.

4.3.12 Divisórias com estrutura à vista e cobre-juntas

As divisórias amovíveis são geralmente realizadas com estrutura à vista e cobre-juntas.

A figura 4.3 apresenta um exemplo deste tipo de solução. Neste caso a estrutura resistente é de perfis de alumínio. As placas de revestimento apoiam nos perfis da estrutura e são fixados por encaixe pelas peças de cobre-juntas que são também de alumínio. O espaço de ar entre as placas de revestimento é preenchido com placas semi-rígidas de lã mineral (lã de rocha ou lã de vidro).

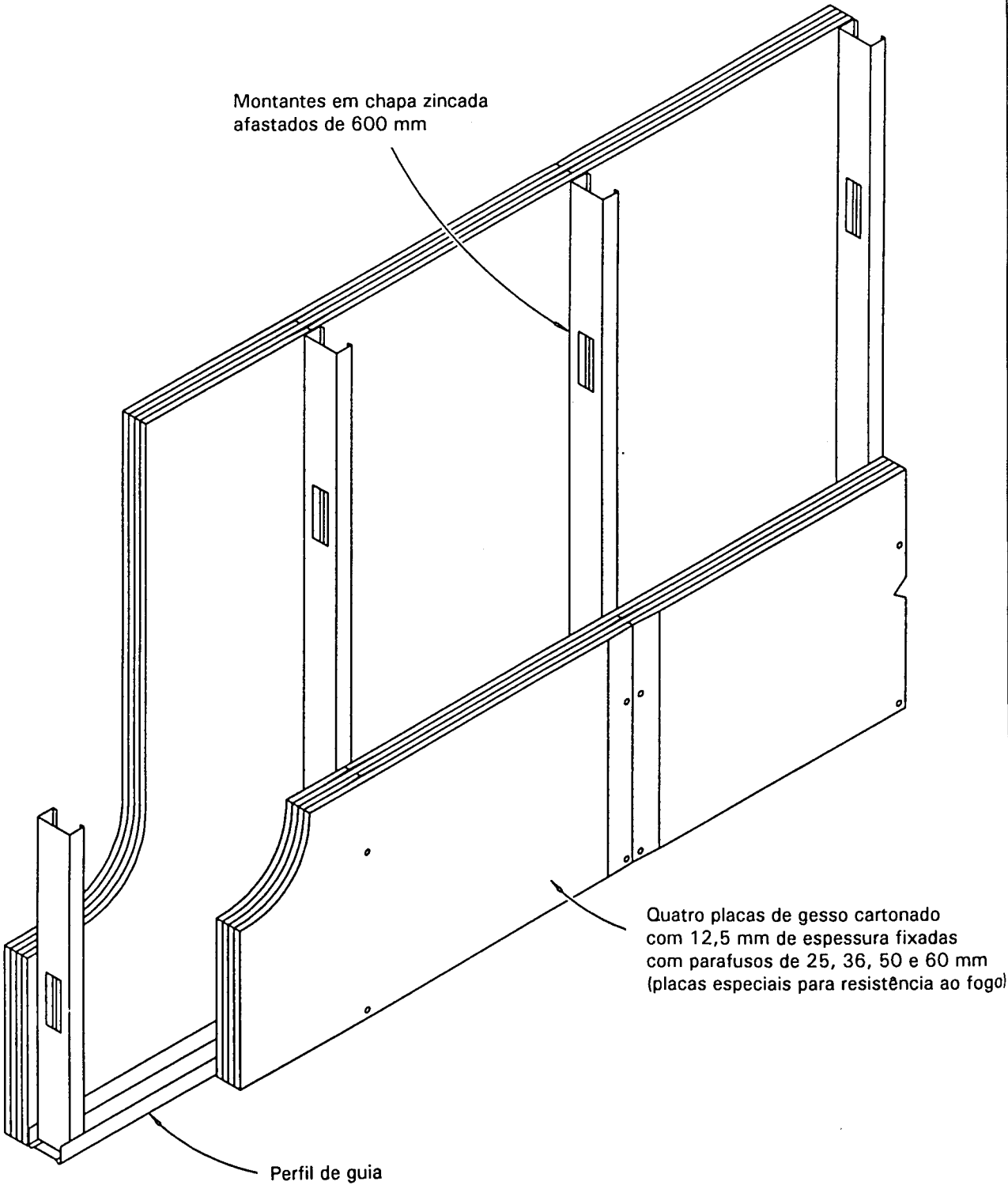


Figura 4.17 - Divisória com resistência ao fogo de 3 horas (adaptado do catálogo "Firewalls" da British Gypsum [37])

4.3.13 Divisórias com estrutura oculta e junta aberta

Na divisórias realizadas a partir de peças de madeira e respectivos derivados é normal esconder a estrutura e conceber as ligações do sistema de forma a que a junta fique aberta. Nas divisórias de painéis monobloco é também usual deixar as juntas entre painéis abertas.

Em todos os casos em que é difícil "esconder" a junta ou sempre que não se pretende usar um cobre-juntas deve desenhar-se a junta de forma a que ficando à vista seja esteticamente aceitável.

O sistema concebido no âmbito desta tese é um sistema de divisórias de painéis resistentes prefabricados com estrutura oculta e junta aberta (ver anexo B ou fotografias do capítulo 7).

4.3.14 Divisórias com estrutura oculta e cobre-juntas

Sempre que se considerar inaceitável do ponto de vista estético assumir uma junta aberta introduzem-se peças de cobre-juntas.

Nas soluções de divisórias de madeira este é o principal problema a resolver. Como a madeira é um material muito instável do ponto de vista dimensional não é possível efectuar o preenchimento da junta com massas de regularização de uma forma suficientemente segura (mesmo usando armaduras de reforço) pelo que em geral se recorre a peças de cobre-juntas para disfarçar a junta.

O principal problema que daí resulta é a identificação da modulação da construção o que pode em muitos casos ser uma grave desvantagem relativamente às soluções de divisória tradicional. Por esse motivo muitos prefabricadores recorrem em divisórias ao revestimento com base em placas de gesso cartonado que permitem a realização de juntas fechadas e um acabamento em tudo idêntico às soluções tradicionais.

A figura 4.11 representa uma solução de divisória com estrutura oculta e cobre-juntas.

4.3.15 Divisórias com juntas para revestir a argamassa

As divisórias prefabricadas realizadas com base em placas de gesso cartonado adoptam normalmente juntas fechadas realizadas com argamassa com ou sem "fitas" de reforço.

Os diversos fabricantes conceberam soluções para junta fechada (com ou sem "fitas de reforço) que permitem obter acabamentos perfeitamente lisos e em tudo idênticos às soluções tradicionais.

A figura 4.18 apresenta o esquema de junta seguido pelo fabricante "Placoplâtre".

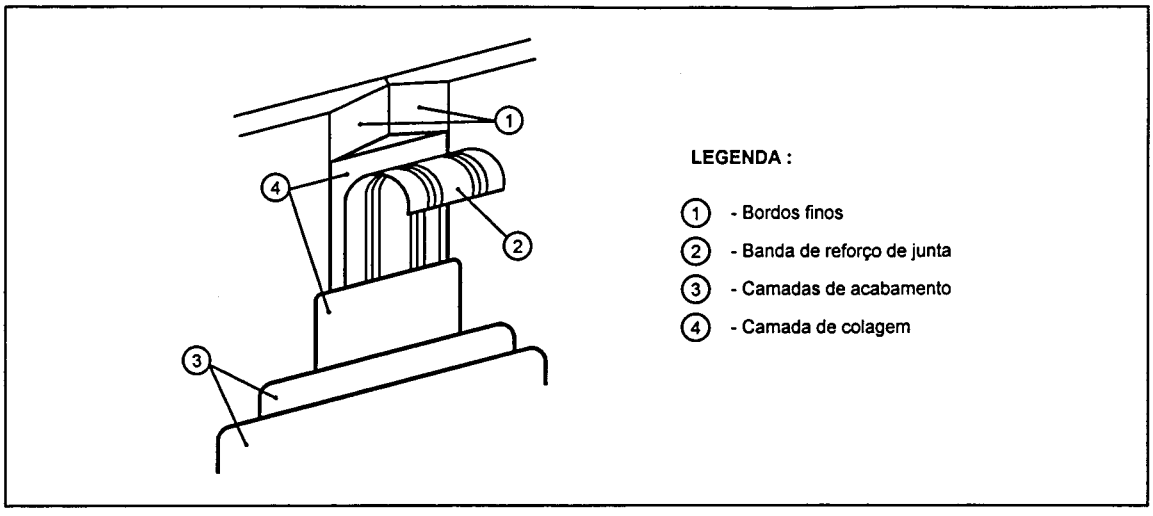


Figura 4.18 - Junta fechada entre placas de gesso cartonado (adaptado de catálogo "Placoplâtre")

CAPÍTULO 5

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SISTEMAS DE DIVISÓRIAS LEVES PREFABRICADAS

5.1 Avaliação da qualidade de soluções construtivas em edifícios

5.1.1 Apresentação do problema

Avaliar a qualidade de uma determinada solução construtiva para um edifício é avaliar a respectiva aptidão ao uso a que se destina (ver figura 5.1).

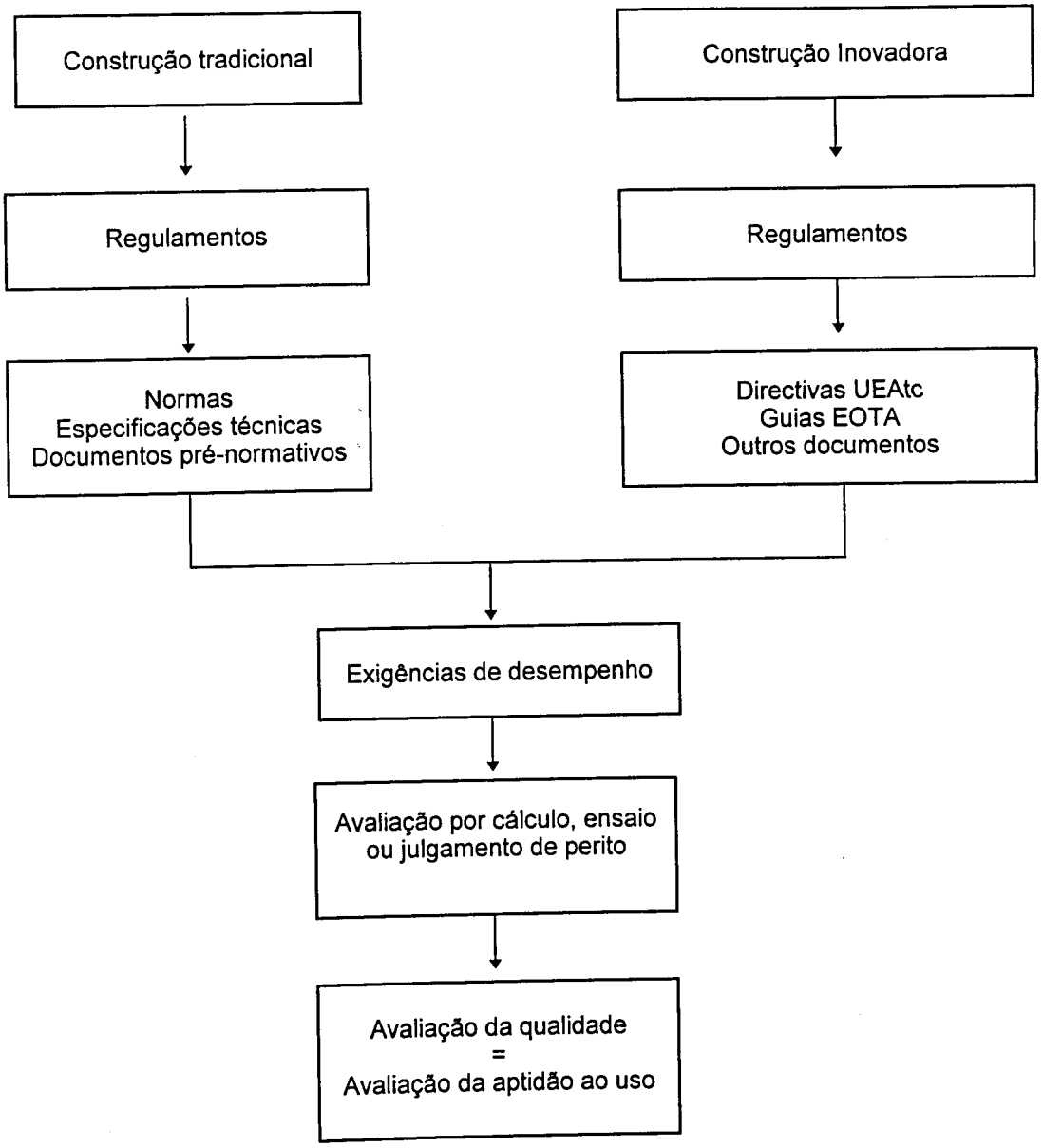


Figura 5.1 - Avaliação da qualidade de soluções construtivas

A avaliação de aptidão ao uso assenta na realização de ensaios, cálculos ou julgamentos de perito que permitam avaliar o nível de desempenho da solução construtiva em estudo.

A definição do conjunto de ensaios, cálculos e julgamentos de perito a que é necessário sujeitar um determinado sub-sistema de construção de modo a avaliar a sua aptidão ao uso a que se destina é designada neste trabalho por "plano de avaliação da qualidade" desse sub-sistema de construção.

Os planos de avaliação da qualidade de soluções construtivas em edifícios deverão ser elaborados a partir da caracterização completa das exigências de desempenho do sub-sistema de construção onde essas soluções construtivas se aplicam. Representam assim como que um sub-conjunto das exigências de desempenho elaboradas para o sub-sistema mais geral aplicáveis especificamente à solução em estudo (eventualmente mais particular).

Nos planos de avaliação, para além dos procedimentos de avaliação a adoptar, é necessário caracterizar níveis de referência (com base em Regulamentos, normas ou em certos casos em outros documentos eventualmente com carácter pré-normativo) que permitam servir de base de comparação a aplicar na avaliação do nível de desempenho de uma determinada solução concreta do sub-sistema de construção em estudo.

Habitualmente, os Regulamentos dispõem sobre as exigências mais importantes e que se relacionam com a segurança estrutural, a segurança contra incêndio, a higiene, a saúde, o ambiente e a segurança na utilização.

Em relação às restantes exigências a informação necessária deverá ser recolhida, no caso de construção corrente, em normas, especificações ou outros documentos de carácter pré-normativo e, no caso da construção inovadora, a partir de Directivas, Guias ou Relatórios técnicos da UEAtc [1] e de Guias EOTA. Nos casos em que não existam estes documentos restará, apenas a alternativa de recorrer a documentos de homologação, aprovações técnicas, relatórios ou pareceres sobre soluções concretas existentes no mercado.

Quando se pretende comprovar a conformidade de um produto de construção com um determinado conjunto de normas ou especificações técnicas aplicáveis está-se perante um processo de certificação do produto. A certificação do produto deverá ser efectuada por um organismo independente acreditado para o efeito.

Em algumas situações admite-se uma auto-certificação que parte da entidade responsável pelo fabrico ou comercialização do produto ou solução construtiva ou uma atestação de qualidade do produto por parte de entidade externa não acreditada para conceder certificações.

A título de exemplo, refere-se que a Directiva dos Produtos de Construção (DPC) atribui ao primeiro caso acima referido a designação "certificação de conformidade CE" e ao segundo caso a designação "declaração de conformidade CE". A certificação de conformidade CE e a declaração de conformidade CE pressupõem a observância do sistema de comprovação de conformidade estabelecido nas especificações técnicas aplicáveis.

A avaliação de qualidade de soluções construtivas em edifícios está assim apoiada em diversa informação técnica dispersa em documentos dos diversos tipos atrás referidos e que se resumem em seguida:

---

(1) A designação actual das Directivas UEAtc é Relatórios técnicos UEAtc. Entre estas duas designações já foi durante algum tempo usado o termo Guia UEAtc.

- Regulamentos;
- normas;
- especificações técnicas;
- documentos pré-normativos;
- Directivas, Guias ou Relatórios técnicos UEAtc;
- Guias EOTA;
- documentos de homologação;
- apreciações preliminares de soluções inovadoras;
- procedimentos de certificação.

Para avaliar a qualidade de produtos ou soluções construtivas haverá vantagem em sintetizar a informação em "planos de avaliação da qualidade" com forma semelhante ao que adiante se apresenta para o caso das divisórias leves prefabricadas.

Com o objectivo de situar o trabalho de investigação efectuado no contexto da actividade de avaliação e certificação de qualidade em Portugal apresenta-se em seguida uma síntese dos principais conceitos relacionados com as actividades de normalização, homologação e certificação em Portugal.

5.1.2 Normalização

As normas são elaboradas a partir de especificações técnicas[(2)]. Quando as especificações foram objecto de consenso ao nível nacional ou internacional deram origem a normas (nacionais ou internacionais).

Existem normas de vários tipos de que se destacam os seguintes:

- famílias de materiais;
- desempenho de elementos de construção;
- processos construtivos;
- técnicas de ensaio;
- terminologia, definições ou simbologia.

As normas aplicam-se, em geral, à construção dita "tradicional".

A actividade de normalização em Portugal está a cargo do Instituto Português da Qualidade (IPQ) sob tutela do Ministério da Indústria e Energia.

Os núcleos base de produção de normas em Portugal são as Comissões Técnicas de normalização (CT). Envolvem todas as personalidades interessadas em regime de voluntariado.

Parte das CT são directamente coordenadas pelo IPQ. Algumas CT são orientadas por outros organismos designados Organismos de Normalização Sectorial (ONS).

(2) A norma NP 1620 (1971) [167] indica os termos fundamentais e respectivas definições associados à "normalização" e à "certificação". Foi elaborada a partir de uma norma ISO sobre o assunto.

Na prática, em cada área científica materializada numa CT, deverão colaborar todos os peritos da área respectiva provenientes de Universidades, Laboratórios, Organismos de investigação, Institutos do Estado, Indústria, Associações empresariais e Empresas públicas e privadas em geral. Estes organismos deverão promover a participação dos seus técnicos financiando indirectamente a actividade de normalização.

Uma norma resulta de um documento pré-normativo (normalmente uma especificação técnica) elaborado por um grupo de peritos da área científica e técnica a que o produto diz respeito e que é sujeita a um processo de análise e aprovação por parte dos "agentes económicos" com vista à sua utilização no mercado a que diz respeito.

Neste momento, e atendendo ao que se está a passar no resto da Europa ao nível do CEN, a actividade de normalização em Portugal incide essencialmente no acompanhamento das actividades do CEN e na transposição (normalmente precedida de tradução) para normas portuguesas das normas europeias harmonizadas aprovadas.

O trabalho decorre a um ritmo muito inferior ao desejável associado à execução do mesmo em regime de voluntariado e ao insuficiente investimento directo ou indirecto do Estado nesta actividade.

O "edifício normativo português" é, como resultado do que se acaba de expôr, em geral muito incompleto.

No caso particular da construção, a grande maioria das normas existentes resultam de trabalhos de investigação conduzidos pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), que foram em muitos casos publicados sob a forma preliminar de "Especificações LNEC" antes de serem adoptadas como normas. Muitas das especificações têm por base normas internacionais (ISO) ou normas de outros países europeus.

Em Portugal a utilização das normas é, em geral, muito reduzida. Nas obras praticamente não se fazem ensaios de recepção de produtos de construção e assiste-se timidamente à introdução de alguns mecanismos organizados de controlo de qualidade circunscritos a um número muito limitado de obras de grande dimensão. Floresce no entanto a actividade de "coordenação e fiscalização" de obras de Construção Civil que conduzirá inevitavelmente a uma total alteração da situação actual.

As normas aplicam-se normalmente a materiais de construção. Em França existem documentos técnicos que definem o modo de "execução dos trabalhos" de construção e, quando necessário, a qualidade dos materiais (D.T.U. - Document Technique Unifié). Estes documentos constituem "cadernos de encargos-tipo" consensualmente seguidos por todos os intervenientes na construção como referência técnica fundamental.

Em Portugal não existem documentos deste tipo o que constitui, em conjunto com a normalização insuficiente, a principal dificuldade a suprir com vista à melhoria da qualidade da construção.

5.1.3 Homologação

Para produtos inovadores, para os quais não existe suficiente experiência acumulada anterior que permita gerar consensos e a consequente elaboração de normas aceites por todos, existem as homologações.

A homologação é concedida a partir da avaliação por ensaio, cálculo ou julgamento de perito de soluções propostas por fabricantes de produtos inovadores. A homologação é concedida por organismos nacionais especialmente criados para o efeito (não necessariamente laboratórios). Para efeitos de atribuição de homologações em países da Europa Ocidental utilizam-se como base as Directivas UEAtc [3].

Segundo Ferry Borges [147], "na Europa Ocidental, a acção internacional mais importante com vista a garantir a qualidade dos materiais e componentes da construção e o reconhecimento crítico da sua aptidão para o uso pelos diferentes países, resultou na constituição há cerca de 25 anos da "Union Européenne pour l'Agrément Technique de la Construtión (UEAtc)"".

Segundo o artigo 17 do RGEU o LNEC é responsável pela emissão de homologações em Portugal.

5.1.4 Certificação

A Construção Civil é um dos sectores de actividade económica que mais produtos utiliza. Tem, por esse motivo, uma grande influência no dinamismo de uma economia. A enorme quantidade de produtos necessários contribui para o aparecimento permanente de um grande número de empresários interessados em fabricar produtos de construção.

Os processos de certificação surgiram assim nos países ocidentais mais desenvolvidos como uma forma de distinguir os bons dos maus produtos e as boas das más organizações. Sem a certificação não é fácil para o consumidor comum distinguir um produto de qualidade dum produto que não a tem.

Como atrás se refere é normal associar qualidade à conformidade com o previsto nas normas e especificações aplicáveis. O processo de comprovação da conformidade com as normas aplicáveis a um produto, componente ou solução construtiva, quando realizado por entidade externa acreditada para o efeito, designa-se por "processo de certificação" do produto, componente ou solução construtiva.

Quando se lida com uma empresa como um todo está-se perante um processo de "certificação de empresa". Neste caso comprova-se que as instalações, o corpo técnico e administrativo e os procedimentos da empresa estão conforme o previsto nas normas aplicáveis.

---

[3] A UEAtc agrupa 16 organismos de países europeus, sendo 1 observador, e é uma associação que tem por objectivos fundamentais, por um lado, gerar documentos de consenso (as Directivas neste momento designadas "Relatórios Técnicos") seguidas por todos os membros da UEAtc durante os respectivos processos de homologação e, por outro lado, facilitar as trocas comerciais entre os países membros por via de confirmações de homologações.

Em geral, a certificação de produtos e empresas fica a cargo do organismo nacional responsável pela normalização nesse país. Existem ainda um grande número de entidades públicas e privadas que certificam produtos na respectiva área de trabalho.

É esse o caso de Portugal. O Instituto Português da Qualidade (IPQ) é o organismo responsável pela certificação de empresas efectuada de acordo com as normas ISO da série 9000 e pela certificação de produtos efectuada de acordo com as normas portuguesas aplicáveis.

O IPQ gere, no contexto do Sistema Português de Qualidade (SPQ), a actividade de certificação dos produtos, de que são responsáveis os "Organismos de Certificação Sectorial" (OCS) designados pelo IPQ, ou o próprio IPQ, quando aqueles não existem.

Como exemplo de OCS e de produto correntemente certificado em Portugal podemos referir o caso de blocos cerâmicos certificados pelo Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro com sede em Coimbra.

Convém esclarecer que é possível a atribuição de certificações fora do contexto do SPQ.

Embora tenha tido um grande impulso com a adesão de Portugal à União Europeia (UE) a certificação de produtos e empresas é ainda uma actividade pouco desenvolvida em Portugal facto que talvez se possa explicar pela reduzida actividade de controlo e verificação que tradicionalmente se segue no nosso país.

5.1.5 Certificação europeia [4]

É do domínio público que a UE se encontra há uns anos a realizar um grande esforço de harmonização técnica com vista a tentar acabar com as "barreiras técnicas" criadas pelos diversos países membros à livre circulação dos produtos na sua área geográfica de soberania.

É também sabido que neste momento já existe livre circulação de pessoas e bens, subsistindo apenas alguns entraves de diversos tipos à liberalização total da actividade económica em todo o espaço da Comunidade.

No domínio da Construção Civil, a Directiva 89/106/CEE de 21 de Dezembro [83] - "Directiva dos Produtos de Construção" (DPC) - é o texto base que dentro dos princípios da Nova Abordagem lançados já em 1985 e consignados em Resolução do Conselho Europeu de 7 de Maio de 1985 regulamenta para aquela área a colocação nos produtos de construção de uma "marcação CE".

A DPC aplica-se a produtos de construção, designação genérica para um material de construção ou um componente de construção.

O Decreto-Lei nº 113/93 de 20 de Abril [256] e a Portaria nº 566/93 de 2 de Junho [257] transpõem para o Direito nacional a DPC.

---

[4] Este sub-capítulo aproveita parcialmente texto anteriormente publicado em [1].

Aqueles diplomas legais definem que para a grande maioria dos produtos de construção, para os quais existam normas europeias harmonizadas (ou normas nacionais consideradas equivalentes pela Comissão Europeia sempre que não existam ainda normas europeias harmonizadas) são possíveis dois sistemas de comprovação da conformidade com as especificações técnicas aplicáveis: "declaração de conformidade CE" elaborada pelo fabricante com três níveis de controlo e a "certificação de conformidade CE" da responsabilidade de um organismo de certificação acreditado oficialmente para o efeito.

Os mesmos diplomas definem para os produtos inovadores, para os quais não existam normas europeias harmonizadas ou normas nacionais aplicáveis ou que se afastem de forma significativa das normas europeias harmonizadas ou das normas nacionais aprovadas, o conceito de Aprovação Técnica Europeia (ETA). Em Portugal, o organismo autorizado a emitir as ETA é "o LNEC e as entidades que para tal venham a ser designadas, por despacho conjunto do Ministério da Indústria e Energia e das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, ouvido o LNEC" [256]. Para esses produtos, a declaração de conformidade CE e a certificação de conformidade CE são atribuídas com base nas Aprovações Técnicas Europeias.

A declaração de conformidade CE e a certificação de conformidade CE distinguem-se da seguinte forma:

- no caso da declaração de conformidade CE, no primeiro nível só intervém o fabricante, no segundo nível intervém o fabricante e um laboratório exterior aprovado e no terceiro nível o fabricante, um laboratório aprovado e um organismo exterior de inspecção.

- a certificação de conformidade CE é atribuída por um organismo especialmente acreditado para esse efeito que é incumbido de atestar a conformidade do produto certificado com as especificações técnicas aplicáveis. Os diplomas legais atrás referidos especificam os procedimentos a seguir pelo fabricante e pelo organismo de certificação com vista à atribuição da certificação.

A declaração de conformidade CE ou a certificação de conformidade CE dão ao produto o direito de ser marcado com a "marcação CE"[(5)].

Pelo que se acaba de referir, o suporte técnico fundamental que permite a atribuição da marcação CE aos produtos de construção é o conjunto de normas europeias harmonizadas que se lhe aplicam. Estas normas referem-se no geral a métodos de ensaio ou a especificação técnica de produto.

A actividade europeia de normalização está a cargo do CEN (Comité Europeu de Normalização) e do CENELEC (Comité Europeu de Normalização Electrotécnica).

Durante muitos anos a actividade do CEN e CENELEC foi muito reduzida mas a publicação de diversas "Directivas da Nova Abordagem", na qual se insere a DPC, levaram à forte dinamização da sua actividade.

(5) Esta marcação representa no fundo uma certificação ao nível da União Europeia e certifica que o produto que tem esse símbolo contribui para que as obras onde ele se aplica respeitem as exigências essenciais previstas na DPC.

Foram criadas novas comissões e reactivadas algumas já existentes. A actividade do CEN foi, em geral, fortemente dinamizada para o que contribuiu decisivamente o apoio financeiro concedido ao CEN pela Comissão Europeia para preparar normas que depois de aprovadas se transformam em normas europeias harmonizadas e são utilizadas como base técnica fundamental de aplicação das Directivas da Nova Abordagem.

Assiste-se assim neste momento a um enorme aumento da actividade de normalização ao nível do CEN.

O trabalho inclui não só a necessidade de uniformizar as diversas tendências no seio da Europa muitas vezes contraditórias e em certa medida incompatíveis (as normas inglesas, alemãs ou francesas são muitas vezes muito diferentes entre si) mas também o lançamento de alguns programas de investigação quer permitam obter a informação técnica necessária à elaboração de novas normas.

Para além disso, as normas referem-se aos produtos mas deverão permitir concluir da aptidão ao uso das obras para os fins a que se destinam. A DPC estabelece que as obras para serem aptas ao uso deverão respeitar seis exigências essenciais e introduz o conceito de "documento interpretativo" para permitir a ligação entre os produtos de construção e as obras onde estes se aplicam.

Os seis documentos interpretativos (um para cada exigência essencial) já estão neste momento elaborados, traduzidos e publicados no Jornal Oficial das Comunidades Europeias [277], mas a sua divulgação no meio técnico nacional é ainda reduzida.

As normas europeias harmonizadas devem assim ser elaboradas tendo em conta esta filosofia exigencial e os princípios estabelecidos nos documentos interpretativos.

As diversas Comissões Técnicas do CEN confrontam-se com um programa de actividades muito sobrecarregado e a produção de normas europeias harmonizadas tem ocorrido a um ritmo inferior ao previsto.

Foi entretanto publicada a Directiva 93/08/CEE de 22/7/93 [84] que modifica alguns artigos do texto da DPC permitindo a colocação de marcas de conformidade ou de qualidade nacionais em paralelo com a "marcação CE"[(6)].

5.2 Metodologia de avaliação da viabilidade de sistemas de prefabricação parcial

5.2.1 Objectivo

Um dos objectivos deste trabalho é o de avaliar a viabilidade de um sistema de divisórias leves prefabricadas realizado com base em madeira e derivados.

O sistema, designado "sistema MADLEVE", que foi especialmente concebido no âmbito desta tese e cuja descrição se apresenta no capítulo 6, é um sistema de prefabricação parcial leve, de acordo com as definições apresentadas no capítulo 2.

(6) Esta Directiva já foi transposta para a legislação nacional através do Decreto-Lei nº 139/95 de 14 de Junho.

Tendo em conta o objectivo de avaliar o sistema MADLEVE concebeu-se uma metodologia de avaliação de sistemas prefabricados, não necessariamente leves, destinada a servir de base ao trabalho concreto de investigação a realizar no âmbito desta tese. É essa metodologia que se apresenta neste sub-capítulo.

5.2.2 Metodologia de avaliação de um sistema de prefabricação

A figura 5.2 apresenta em esquema os grandes grupos de operações a realizar com vista à concretização do objectivo de avaliar a viabilidade de um sistema de prefabricação.

A primeira operação a realizar é a definição das "exigências de desempenho" do elemento de construção. Trata-se o elemento de construção em termos genéricos já que quase toda a informação compilada tem aplicabilidade perfeitamente genérica.

A título de exemplo, no caso concreto do sistema MADLEVE, organizaram-se as exigências de desempenho aplicáveis ao elemento de construção "paredes interiores não resistentes" que se apresentam no sub-capítulo 3.2.

Sendo o sistema MADLEVE concebido para realizar paredes interiores não resistentes aquele conjunto de exigências de desempenho aplica-se-lhe em todos os aspectos em que as regras digam respeito a soluções prefabricadas leves não resistentes.

O segundo passo da metodologia consiste na realização de um "plano de avaliação da qualidade" da solução construtiva. Trata-se de concretizar para a solução em estudo[7] quais os procedimentos indicados nas exigências de desempenho (ensaios, cálculos e julgamentos de perito) e quais os valores de desempenho de referência que lhe são aplicáveis. No caso concreto desta tese apresenta-se esse plano no sub-capítulo 5.3.

O terceiro passo da metodologia prende-se com a concepção do sistema e o fabrico de um protótipo para ensaio. Em muitas situações não será necessário efectuar o fabrico de qualquer protótipo. A avaliação experimental deverá ser, nesses casos, substituída por análises em modelos ou por dedução a partir de análise documental de situações análogas.

A concepção do sistema consiste na elaboração de uma especificação técnica de fabrico, montagem e desmontagem, incluindo peças escritas e desenhadas, que forneça toda a informação necessária ao fabrico do protótipo a utilizar nos ensaios de caracterização. No caso concreto do sistema MADLEVE essa especificação encontra-se publicada em [12]. A descrição do processo de fabrico, montagem e desmontagem dos protótipos usados na tese encontra-se no capítulo 6.

O passo seguinte da metodologia consiste na realização do processo de avaliação técnica e económica do protótipo. A avaliação técnica é efectuada seguindo os procedimentos especificados no plano de avaliação e a avaliação económica concretiza-se a partir dos dados obtidos directamente ou extrapolados a partir de informação recolhida no processo de fabrico e montagem dos protótipos. No caso do sistema MADLEVE essas avaliações são apresentadas no capítulo 7.

---

[7] Neste caso uma divisória leve prefabricada.

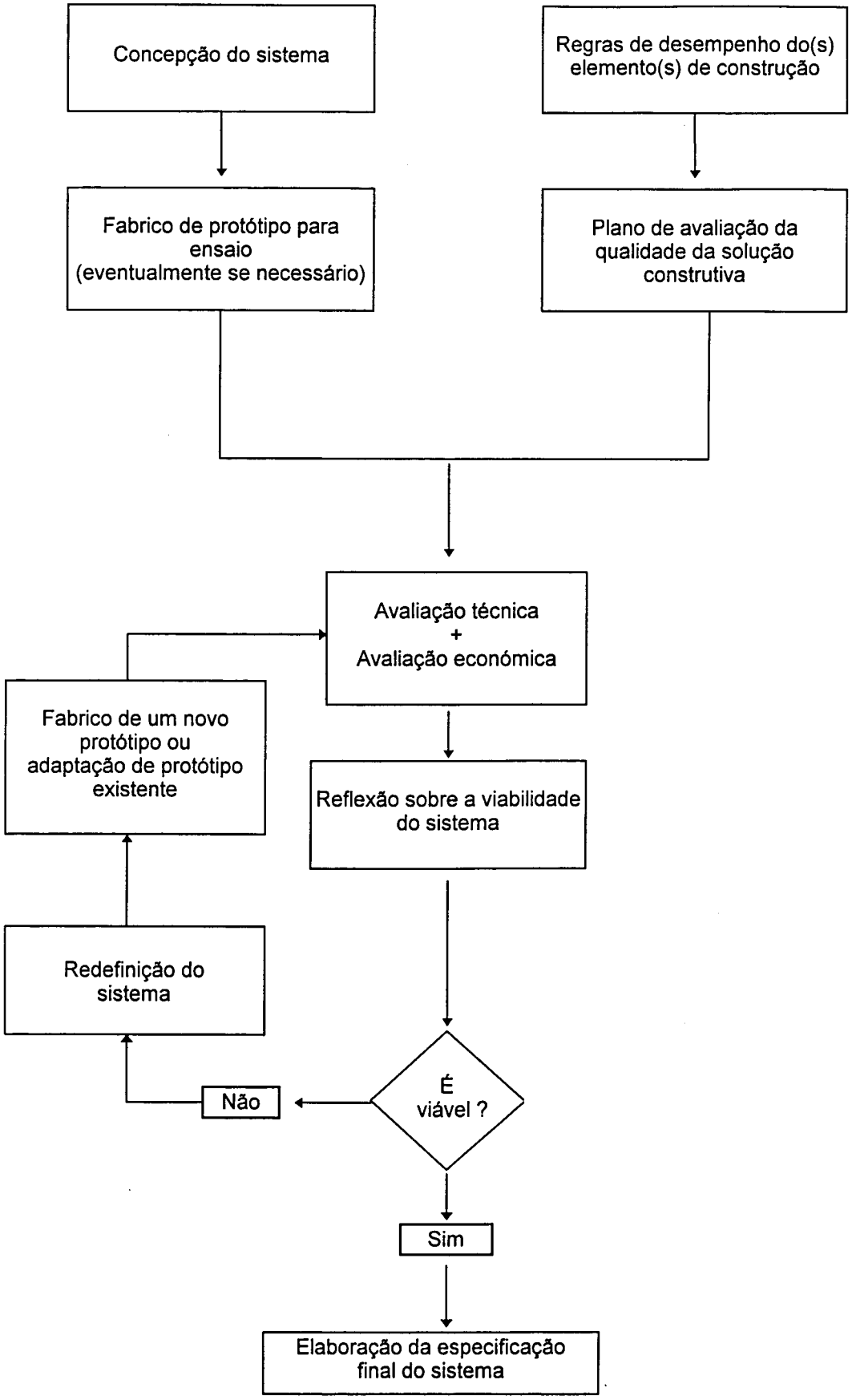


Figura 5.2 - Metodologia de concepção e avaliação de um sistema de prefabricação

A fase seguinte consiste numa reflexão sobre a viabilidade do sistema. Utiliza-se informação bibliográfica disponível para fornecer os dados necessários à concretização da comparação da solução em estudo com a sua "concorrência". Do leque de soluções construtivas aplicáveis seleccionam-se aquelas que, por terem características de afinidade suficientes, permitem uma boa comparação.

No caso concreto desta tese apresentam-se as soluções mais importantes de divisórias leves prefabricadas no capítulo 4 e uma classificação de paredes interiores não resistentes no sub-capítulo 3.1. Apresenta-se uma reflexão sobre a viabilidade do sistema MADLEVE no capítulo 8.

No caso de o sistema ser considerado viável procede-se então finalmente a algumas alterações na respectiva especificação técnica que tenham em conta toda a informação recolhida e que permitam alterar alguns aspectos menos bem resolvidos.

No caso de o sistema não ser considerado viável, poderá então iniciar-se um novo processo de avaliação que pode ou não envolver o fabrico de um novo protótipo ou de novos procedimentos de avaliação técnica e ou económica.

No caso concreto do sistema MADLEVE apresenta-se no anexo B a especificação técnica de uma versão melhorada do sistema (designada "Final") e que inclui todas as alterações que resultaram da análise efectuada.

5.3 Plano de avaliação da qualidade de divisórias leves prefabricadas não resistentes

5.3.1 Breve descrição

Destina-se este sub-capítulo a apresentar um "plano de avaliação da qualidade de divisórias leves prefabricadas não resistentes". A concepção deste plano tem por objectivo último definir os procedimentos a adoptar na avaliação do sistema MADLEVE.

Dentro desse contexto apresenta-se o sub-capítulo das exigências de desempenho enunciadas no sub-capítulo 2.2 que inclui apenas os procedimentos aplicáveis a sistemas de divisórias leves prefabricadas não resistentes.

Entendeu-se que seria vantajoso estruturar as exigências de uma forma diferente da seguida no sub-capítulo 2.2 . Naquele sub-capítulo seguiu-se a estruturação da norma ISO 7360.2 [179].

Neste capítulo a organização respeita um ordenamento associado a um procedimento de homologação. Os sistemas de divisórias leves prefabricadas estão sujeitos normalmente a procedimentos de homologação. É esse o caso de Portugal.

No contexto da DPC estes sistemas, não sendo considerados construção tradicional, para poderem obter uma certificação europeia deverão obter em qualquer país da União Europeia (junto dos organismos designados para esse efeito) uma Aprovação Técnica Europeia (ETA).

Os organismos acreditados para a emissão de uma ETA deverão em princípio seguir Guias produzidos no âmbito da EOTA (Guias EOTA). Neste momento ainda não existe qualquer Guia EOTA aprovado mas já existem algumas versões preliminares do "Guideline for European Technical Approval of Internal Partition Systems for use as non-loadbearing walls" (ETAG/IPS) [142]. O ETAG/IPS é o Guia a publicar pela EOTA aplicável a sistemas de divisórias interiores não resistentes.

Convém esclarecer que a possibilidade de atribuição de uma ETA a um sistema de construção não é neste momento um assunto pacífico ao nível da Comissão Europeia. O assunto tem vindo a ser discutido e ainda não foi tomada qualquer decisão. Foi inclusivamente criado na EOTA um grupo de trabalho especialmente dedicado ao estudo do problema ("Project Team System ETA") e que já emitiu vários documentos preliminares sobre o assunto e dos quais se consultou [144]. Por esse motivo, não foi ainda emitido pela Comissão Europeia mandato para a EOTA relativo ao ETAG/IPS.

Como já foi atrás referido, o LNEC é o organismo nacional encarregado da emissão das Aprovações Técnicas Europeias. É também o organismo responsável pela emissão dos Documentos de Homologação produzidos em Portugal para todas as situações a que se refere o artigo 17 do RGEU.

Até ao aparecimento da DPC e do conceito de ETA as homologações têm sido essencialmente produzidas com base em documentos elaborados pela UEAtc.

Para o caso das divisórias leves prefabricadas têm sido seguidas as regras definidas nas "Directivas comuns UEAtc para a homologação de divisórias leves" [206].

Tendo em conta a informação acabada de enunciar, no plano de avaliação que se preparou e que se apresenta neste sub-capítulo, definiram-se três níveis de avaliação de complexidade sucessivamente crescentes e que a seguir se enumeram:

- num primeiro nível consideraram-se apenas as exigências essenciais e os procedimentos e especificações referidos no ETAG/IPS [142];
- num segundo nível consideraram-se outras exigências referidas nas Directivas UEAtc [206] e que não foram consideradas no ETAG/IPS;
- finalmente num terceiro nível consideraram-se as restantes exigências referidas na ISO 7360.2 [179] e que não constam dos documentos acima referidos.

Apresenta-se nos parágrafos seguintes o plano de avaliação sub-dividido nos citados três níveis de abordagem.

5.3.2 Plano de avaliação ao nível do ETAG/IPS

O Quadro 5.1 apresenta a lista das exigências consideradas no ETAG/IPS bem como a respectiva relação com as exigências referidas no sub-capítulo 2.2, os métodos de verificação a adoptar e as especificações de desempenho associadas.

Quadro 5.1 - Plano de avaliação ao nível do ETAG/IPS (Folha 1/6)

Código	Exigência (8)	Descrição da exigência	Método de verificação	Especificações	Exigência Quadro 3.6
1	E2	Resistência ao fogo (Segurança em caso de incêndio).	Ensaios segundo as normas: - pr EN YYY 1-1 (92) [85] ; - pr EN YYY 1-2 (92) [86] ; - pr EN YYY 2-1 (92) [87] .	Sem Classificação; --- Classes de resistência seguintes: – E 20 a E 120; – EI 15 a EI 240; – EI-M 30 a EI-M 120. sendo: E: integridade EI: integridade e isolamento EI-M:idem EI incluindo impacte	2
2	E2	Reacção ao fogo (Segurança em caso de incêndio).	Ensaios por definir/aprovar ao nível da União Europeia --- Neste momento em Portugal ensaios segundo Especificações LNEC E365 a E371 [213 a 219]	CLASSES DISPONÍVEIS: - Euroclasses A a F(9). --- - Classes M0, M1, M2, M3, M4 .	2

(8) No Quadro 5.1, as exigências essenciais previstas na DPC são designadas E_1 a E_6 com o seguinte significado :

E1 - Resistência mecânica e estabilidade
E2 - Segurança em caso de incêndio
E3 - Higiene, saúde e ambiente
E4 - Segurança na utilização
E5 - Protecção contra o ruído
E6 - Economia de energia e isolamento térmico

(9) Euroclasses de reacção ao fogo :

A - Sem contribuição para o incêndio
B - Contribuição muito limitada para o incêndio
C - Contribuição limitada para o incêndio
D - Contribuição aceitável para o incêndio
E - Reacção ao fogo aceitável
F - Sem avaliação

Quadro 5.1 - Plano de Avaliação ao nível do ETAG/IPS (Folha 2/6)

Código	Exigência	Descrição da exigência	Método de verificação	Especificações	Exigência Quadro 3.6
3	E3	Qualidade do ar (Higiene, Saúde e Ambiente).	Julgamento de perito. --- Métodos de ensaio destinados a avaliar a situação. (a definir em função das substâncias em causa).	Indicação dos materiais nocivos. --- Indicação de "sem materiais nocivos". --- Descrição da resistência ao aparecimento e desenvolvimento de fungos ou outros microorganismos. --- Listas de substâncias banidas em Portugal como por exemplo as seguintes: - compostos de arsénico; - amianto; - benzeno; - carbonatos e sulfatos de chumbo; - compostos de mercúrio	8
4	E3	Presença de humidade (Higiene, Saúde e Ambiente).	Ver E6 -Transferência de vapor. (Código 11)	Ver E6 - Transferência de vapor. (Código 11)	10
5	E4	Segurança na utilização: – Resistência mecânica e estabilidade; – Resistência a choques de segurança.	Ensaios de resistência aos danos estruturais causados pelo choque de corpo mole de 50 Kg de acordo com as normas ISO e Guia EOTA seguintes: – ISO 7892(88) [170]; – ISO DIS 7893-2 (90) [172]; – ETAG/IPS [142]. --- Ensaios de resistência aos danos estruturais causados por choque de corpo duro de 1 kg de acordo com as normas ISO e Guia EOTA seguintes: – ISO 7892(88) [170]; – ISO DIS 7893.2 (90) [172]; – ETAG/IPS [142].	– Sem avaliação. – Classes de uso I a IV de acordo com a seguinte Tabela: Classe de Uso / Energias (*) I – 50/120 1/10 II – 50/240 1/10 III – 50/240 1/10 IV – 50/400 1/10 (*) - massa do corpo em Kg / energia do choque em Nm.	1

Quadro 5.1 - Plano de avaliação ao nível do ETAG/IPS (Folha 3/6)

<table>
<tr><th>Código</th><th>Exigência</th><th>Descrição da exigência</th><th>Método de verificação</th><th>Especificações</th><th>Exigência Quadro 3.6</th></tr>
<tr><td>6</td><td>E4</td><td>Segurança na utilização - Resistência mecânica e estabilidade:

– Aptidão para receber cargas excêntricas.</td><td>Ensaios de resistência a danos estruturais causados por cargas verticais excêntricas segundo a norma ISO e Guia EOTA seguintes:

– ISO DIS 8413 (90) [173];
– ETAG/IPS [142].</td><td>– Sem avaliação.

– Classes de uso A e B de acordo com as seguintes cargas:
<table><tr><th>Classe de uso</th><th>Carga</th></tr><tr><td>A</td><td>1000 N</td></tr><tr><td>B</td><td>4000 N</td></tr></table></td><td>14</td></tr>
<tr><td>7</td><td>E4</td><td>Segurança na utilização:

– Segurança contra lesões pessoais causadas por contacto físico com a parede.</td><td>Julgamento de perito.</td><td>Recomendações específicas para cada sistema a definir na respectiva especificação técnica.</td><td>3</td></tr>
<tr><td>8</td><td>E5</td><td>Protecção contra o ruído:

– Isolamento sonoro aos sons aéreos.</td><td>Ensaio de determinação do índice de isolamento aos sons aéreos de acordo com a norma

EN 20140-3 (93) [88].

Índice numérico R_w avaliado de acordo com a norma

EN 20717.1 (93) [90].</td><td>Cumprir exigências regulamentares.

(ver sub-capítulo 3.2)</td><td>9</td></tr>
<tr><td>9</td><td>E5</td><td>Protecção contra o ruído:

– Absorção sonora.</td><td>Ensaio de determinação em laboratório do coeficiente de absorção sonora da parede de acordo com a norma

EN 20354(93) [76].

Índice de absorção médio α_m avaliado de acordo com a norma

ISO/CD 11654.</td><td>Cumprir exigências regulamentares.

(ver sub-capítulo 3.2)</td><td>9</td></tr>
</table>

Quadro 5.1 - Plano de avaliação ao nível do ETAG/IPS (Folha 4/6)

Código	Exigência	Descrição da exigência	Método de verificação	Especificações	Exigência Quadro 3.6
10	E5	Economia de energia e isolamento térmico: – Coeficiente de transmissão térmica médio (K_m).	Cálculo de acordo com a norma: – pr EN 30211 (94).	Referir o valor de K_m calculado. --- Necessário à verificação do balanço térmico do edifício. --- Cumprir exigências regulamentares (ver sub-capítulo 3.2).	7
11	E6	Economia de energia e isolamento térmico: - Transferência de vapor.	Ensaio de permeabilidade ao vapor de água de materiais de acordo com a norma CEN/TC89 N336 [92].	Sem avaliação. --- Referência ao valor da permeância ao vapor de água da parede. --- Não há valores-padrão.	7
12	E6	Economia de energia e isolamento térmico: - Permeabilidade ao ar.	Ensaio de acordo com a norma NP 2333 (88) [160].	Sem avaliação. --- Referência ao valor da permeabilidade ao ar. --- Não há valores-padrão.	6
13	E6	Economia de energia e isolamento térmico: - Inércia Térmica.	Cálculo da massa unitária dos componentes do sistema.	Não há exigências para sub-sistemas. --- As exigências dizem respeito à globalidade do edifício. --- Não há valores-padrão.	7

Quadro 5.1 - Plano de avaliação ao nível do ETAG/IPS (Folha 5/6)

<table>
<tr><th>Código</th><th>Exigência</th><th>Descrição da exigência</th><th>Método de verificação</th><th>Especificações</th><th>Exigência Quadro 3.6</th></tr>
<tr><td>14</td><td>E7[10]</td><td>Outros aspectos de aptidão ao uso - Robustez e rigidez:

- Choques de serviço.</td><td>Ensaio de avaliação da perda de aptidão ao uso sob a acção de corpo duro de choque de 0,5 Kg de acordo com as normas ISO e Guia EOTA seguintes:

– ISO 7892 (85) [170];
– ISO DIS 7893.2 (90) [172];
– ETAG/IPS [142].

Idem sob a acção de choque de corpo mole de 50 Kg.</td><td>– Sem avaliação.

– Classes de uso I a IV de acordo com as seguintes Energias:

<table><tr><th>Classe</th><th>Energia (*)</th></tr><tr><td>I</td><td>50/3x60
0,5/1x2,5</td></tr><tr><td>II</td><td>50/3x120
0,5/1x2,5</td></tr><tr><td>III</td><td>50/3x120
0,5 /1x6</td></tr><tr><td>IV</td><td>50/3x120
0,5/1x6</td></tr></table>
(*) - massa do corpo em Kg/ nº choques x energia em Nm</td><td>15</td></tr>
<tr><td>15</td><td>E7</td><td>Outros aspectos de aptidão ao uso - Robustez e rigidez:

– Perda de aptidão ao uso por acção de cargas excêntricas.</td><td>Ensaio de avaliação da perda de aptidão ao uso sob a acção de carga excêntrica de acordo com a norma ISO e Guia EOTA seguintes:

– ISO DIS 8413 (90) [173];
– ETAG/IPS [142].</td><td>– Sem avaliação;

– Classes de uso A e B para as seguintes cargas:

<table><tr><td>A</td><td>500 N</td></tr><tr><td>B</td><td>2000 N</td></tr></table></td><td>14</td></tr>
<tr><td>16</td><td>E7</td><td>Outros aspectos de aptidão ao uso - Robustez e Rigidez:

– Perda de aptidão ao uso sob acção de cargas pontuais paralelas ou perpendiculares à superfície da parede.</td><td>Ensaio de acordo com a norma ISO e Guia EOTA seguintes:

– ISO DIS 8413 (90) [173];
– ETAG/IPS [142].</td><td>Duas situações:

– Sem avaliação;

– Aceitável, devendo as cargas de arrancamento e suspensão ser maiores que respectivamente 100 N e 250 N.</td><td>14</td></tr>
</table>

[10] No ETAG/IPS foram agrupadas na exigência E7 ("Outros aspectos de aptidão ao uso") todas as exigências que se relacionam com o uso do sistema e que não podem ser incluídas em qualquer das exigências essenciais. Foram agrupadas numa nova exigência E8 ("Exigências de verificação eventual") as restantes exigências de verificação eventual. As exigências E7 e E8 não são formalmente enunciadas na DPC e não podem obviamente ser consideradas verdadeiramente como exigências essenciais.

Quadro 5.1 - Plano de avaliação ao nível do ETAG/IPS (Folha 6/6)

Código	Exigência	Descrição da exigência	Método de verificação	Especificações	Exigência Quadro 3.6
17	E7	Outros aspectos de aptidão ao uso – Rigidez da parede para compartimentos húmidos.	Ensaios de choques de corpo mole de 50 kg de acordo com as normas ISO e Guia EOTA seguintes: – ISO 7892 (88) [170]; – ISO DIS 7893.2 (90) [172]; – ETAG/IPS [142].	Duas situações possíveis: – Sem avaliação; – Aceitável quando aprovada em ensaio de choque de corpo mole de 50 kg com as energias de 3 x 120 Nm e 1 x 240 Nm.	1
18	E7	Outros aspectos de aptidão ao uso: – Protecção contra a degradação por agentes físicos, químicos ou biológicos.	Ensaio de Radiação localizada: – 50º C durante 6 horas, área afectada de 1 m^2. --- Julgamento de perito nos termos do ETAG/IPS.	Aceitável ou Não aceitável. --- Sem avaliação ou Aceitável.	15
19	E7	Outros aspectos de aptidão ao uso – Aptidão para reutilização	Ensaio com protótipo.	Sem avaliação ou Aceitável.	1
20	E7	Outros aspectos de aptidão ao uso : – Aptidão para receber instalações embebidas.	Julgamento de perito nos termos do ETAG/IPS.	Sem avaliação ou Aceitável.	15
21	E8	Exigências de verificação eventual: - Acabamentos.	Julgamento de perito.	Descrição (só para sistemas com acabamentos de fábrica).	11 12 13
22	E8	Exigências de verificação eventual : - Aspecto.	Julgamento de perito.	Descrição (só para sistemas com acabamentos de fábrica).	11 12 13

5.3.3 Plano de avaliação ao nível das Directivas UEAtc

O Quadro 5.2 apresenta a lista das exigências consideradas das Directivas UEAtc [206] e não referidas no ETAG/IPS [142]. O quadro indica ainda o método de verificação da exigência a aplicar e as respectivas especificações de desempenho referindo-se, para além dos valores indicados em [206], outros valores e ensaios que constam da norma BS 5234.2 [40] para os casos em que a Directiva é omissa.

Quadro 5.2 - Plano de avaliação ao nível das Directivas UEAtc (Folha 1/3)

<table>
<tr><th>Código</th><th>Descrição da exigência</th><th>Método de verificação</th><th>Especificações</th><th>Exigência Quadro 3.6</th></tr>
<tr><td>23</td><td>Acção de pressão estática ou batimento de porta devidos ao vento.</td><td>Ensaio de batimento de porta de acordo com a norma

ISO 7894 (1987) [171].</td><td>Valor máximo da pressão a que o provete resiste.

Número máximo de batimentos de porta a que o provete resiste.

Não há experiência concreta de resultados apenas se sabendo que a aprovação nos ensaios de choque normalmente implica que o provete passe os ensaios de pressão e batimento de porta.

Entre 20 e 100 batimentos de porta (BS 5234.2) [40].</td><td>1</td></tr>
<tr><td>24</td><td>Compatibilidade de juntas com a estrutura do edifício.</td><td>Julgamento de perito.

Disposições construtivas.</td><td>Valor máximo admissível da deformação estrutural (normalmente deverá ser inferior a 20 mm).</td><td>1</td></tr>
<tr><td>25</td><td>Gradiente higrotérmico I :

- Paredes de separação ou compartimentação de espaços;

- Edifício sem condicionamento de ar.</td><td>Ensaio de acordo com a Directiva [206]:

– Provete submetido em câmara dupla a um gradiente higrotérmico produzido por 2 ambientes diferenciados (ver Quadro):
<table><tr><th>Situações</th><th colspan="2">Gradientes</th></tr><tr><td>Caso geral</td><td>20/25 °C
25/30 % Hr</td><td>0 - 5 °C
85/95 % Hr</td></tr><tr><td>Divisórias c/ materiais higroscópicos</td><td>20/25 °C
25/30 % Hr</td><td>20/25 °C
85/95 % Hr</td></tr></table>Medem-se as flechas máximas (u_m).</td><td>Flechas máximas (u_m) devem respeitar os seguintes valores:

$u_m \leq$ 1/500 altura

e

$u_m \leq$ 5 mm

[189]</td><td>7

15</td></tr>
</table>

Quadro 5.2 - Plano de avaliação ao nível das Directivas UEAtc (Folha 2/3)

<table>
<tr><th>Código</th><th>Descrição da exigência</th><th>Método de verificação</th><th>Especificações</th><th>Exigência Quadro 3.6</th></tr>
<tr><td>26</td><td>Gradiente higrotérmico II:

– Paredes de separação ou compartimentação de espaços;

– Edifício com condicionamento de ar.</td><td>Ensaio análogo ao anterior nas condições do Quadro seguinte:

<table><tr><th>Situações</th><th colspan="2">Gradientes</th></tr><tr><td>Caso geral</td><td>20/25 °C
10/15% Hr</td><td>15/20 °C
55/65% Hr</td></tr><tr><td>Divisórias com materiais higroscópicos</td><td>10/15 °C
25/30 % Hr</td><td>20/25 °C
55/65 % Hr</td></tr></table></td><td>Flechas máximas (u_m) devem respeitar os seguintes valores:

$u_m \leq$ 1/500 altura

e

$u_m \leq$ 5 mm

[206].</td><td>7

15</td></tr>
<tr><td>27</td><td>Gradiente higrotérmico III:

– Parede de duplicação de fachada.

NOTA: Os métodos de verificação são aplicáveis a situações de Verão (20 °C) ou Inverno (0 °C).</td><td>Ensaio análogo aos anteriores nas condições dos Quadros seguintes:

<table><tr><th>Situações</th><th colspan="2">Gradientes</th></tr><tr><td>Caso geral</td><td>20/25 °C
25/30 % Hr</td><td>0°C
85/95 % Hr</td></tr><tr><td></td><td>20/25 °C
25/30 % Hr</td><td>20°C
85/95 % Hr</td></tr></table>
<table><tr><th>Situações</th><th colspan="2">Gradientes</th></tr><tr><td>Parede com radiador incorporado</td><td>40/50 °C
10/15 % Hr</td><td>0 °C
85/95 % Hr</td></tr><tr><td></td><td>40/50 °C
10/15 % Hr</td><td>20 °C
85/95 % Hr</td></tr></table></td><td>Flechas máximas (u_m) devem respeitar os seguintes valores:

$u_m \leq$ 1/500 altura

e

$u_m \leq$ 5 mm

[206].</td><td>7

15</td></tr>
<tr><td>28</td><td>Movimento nas juntas.</td><td>Julgamento de perito (verificação de pormenores construtivos).</td><td>Para revestir a papel de parede: movimento de juntas inferior a 0,2 mm em serviço.

Caso esse limite seja exce-dido: cobre-juntas ou junta assumida [40].</td><td>15</td></tr>
<tr><td>29</td><td>Carga linear uniforme estática (acção de fila de pessoas à espera).</td><td>Ensaio de acordo com a norma inglesa

BS 5234.2 [40]

(Appendix G).</td><td>Deformação para 0,75 kN/m, 1,5 kN/m ou 3 kN/m.

Flecha residual limitada a 2 mm (não há experiência deste valor) [40].</td><td>1</td></tr>
</table>

Quadro 5.2 - Plano de avaliação ao nível das Directivas UEAtc (Folha 3/3)

Código	Descrição da exigência	Método de verificação	Especificações	Exigência Quadro 3.6
30	Facilidade de reparação e manutenção.	Julgamento de perito. [206].	Reparação com materiais e produtos correntes e de fácil obtenção no mercado. --- Custo com as operações de reparação e manutenção análogo ao das divisórias tradicionais.	13
31	Rigidez	Ensaio de acordo com a norma inglesa BS 5234.2 [40] (Appendix A).	Deformação máxima entre 10 e 25 mm. --- Deformação residual entre 1 e 5 mm [40].	1

5.3.4 Plano de avaliação ao nível da ISO 7360.2

Para além das exigências referidas nos dois sub-capítulos anteriores o Quadro 5.3 apresenta as restantes exigências referidas na norma ISO 7360.2 [179] e não consideradas no ETAG/IPS e nas Directivas UEAtc.

Quadro 5.3 - Divisórias leves prefabricadas - Exigências referidas na norma ISO 7360.2 e não consideradas no ETAG/IPS e nas Directivas UEAtc (Folha 1/3)

Código	Descrição da exigência	Método de verificação	Especificações	Exigência Quadro 3.6
32	Segurança contra intrusão humana ou animal.	Julgamento de perito.	Nas situações aplicáveis deverá garantir-se que a divisória tem uma segurança equivalente às divisórias tradicionais.	4
33	Conforto visual.	Ensaios sobre sistemas acabados aplicáveis ao revestimento das paredes e de acordo com: - FE Pa 25 a FE Pa 30 - LNEC [62]; - FE Pa 34 - LNEC [62].	Valores indicados nas Fichas de ensaio.	11

Quadro 5.3 - Divisórias leves prefabricadas - Exigências referidas na norma ISO 7360.2 e não consideradas no ETAG/IPS e nas Directivas UEAtc (Folha 2/3)

Código	Descrição da exigência	Método de verificação	Especificações	Exigência Quadro 3.6
34	Facilidade de incorporar instalações.	Julgamento de perito.	Indicação precisa pelo fabricante da forma de incorporar instalações de diversos tipos (telefones, água, electricidade, saneamento, aquecimento e gás).	14
35	Durabilidade.	Julgamento de perito.	Verificação da influência do tempo na manutenção das características de segurança e habitalidade avaliadas em ensaios e cálculos próprios.	15
36	Facilidade de transporte de componentes.	Julgamento de perito.	Indicação pelo fabricante da massa unitária dos componentes usados no sistema e/ou de um conjunto de componentes quando transportados em grupo. --- As massas de cada elemento a manipular em obra por um operário não devem exceder os 30/40 kg.	16
37	Aptidão para a armazenagem.	Julgamento de perito.	Indicação pelo fabricante das condições reais de armazenagem de componentes a adoptar em cada caso discriminando: - situações onde seja necessário o controlo de temperatura e humidade; - situações onde seja necessário armazenagem dos produtos em ambiente interior protegido; - situação onde a armazenagem possa ser feita ao ar livre.	16

Quadro 5.3 - Divisórias leves prefabricadas - Exigências referidas na norma ISO 7360.2 e não consideradas no ETAG/IPS e nas Directivas UEAtc (Folha 3/3)

Código	Descrição da exigência	Método de verificação	Valores representativos	Exigência Quadro 3.6
38	Facilidade de montagem e desmontagem.	Julgamento de perito.	Indicação pelo fabricante do mínimo e máximo número de horas necessárias à montagem da divisória --- Para a desmontagem (nos casos aplicáveis) procedimentos adequados, horas necessárias para cada tipo de mão-de-obra e lista de equipamentos e ferramentas necessárias.	17
39	Estanquidade à água.	Julgamento de perito.	A verificar nas situações aplicáveis. --- Indicação pelo fabricante dos dispositivos existentes para evitar a propagação de humidade de zonas húmidas interiores e a partir dos paramentos exteriores das fachadas.	5

CAPÍTULO 6

CONCEPÇÃO DO SISTEMA MADLEVE

6.1 Metodologia usada na concepção do sistema MADLEVE

O objectivo fundamental deste trabalho consiste na avaliação da viabilidade de um sistema de divisórias leves prefabricadas realizado com base em madeira e derivados e concebido especialmente para esse efeito. Como já atrás foi referido deu-se ao sistema o nome de sistema MADLEVE.

A figura 6.1 apresenta em esquema a metodologia seguida com vista à concepção e avaliação do sistema MADLEVE.

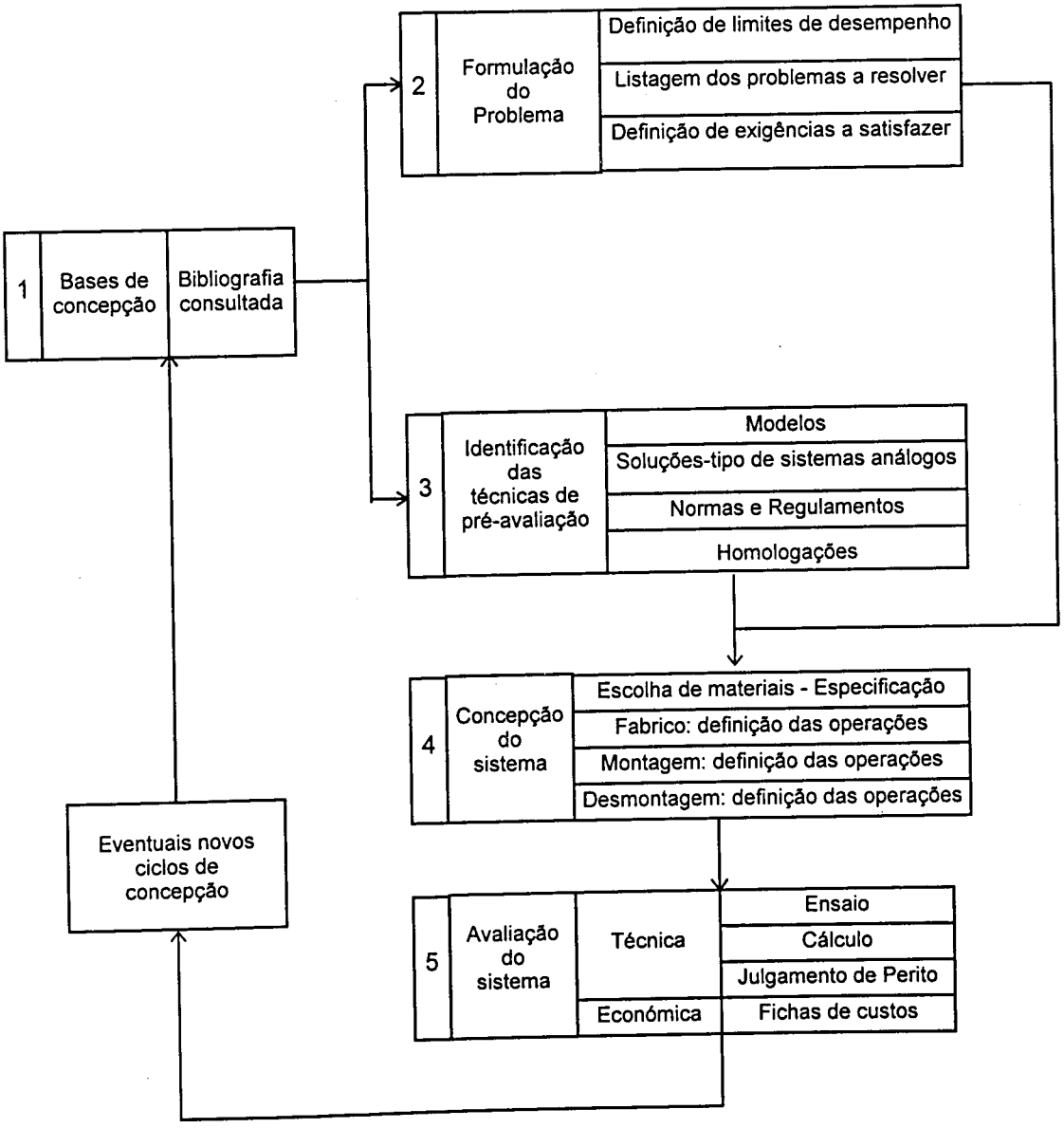


Figura 6.1 - Metodologia usada na concepção do sistema MADLEVE

A primeira fase do processo consistiu na pesquisa de uma "base bibliográfica" que pudesse sustentar por analogia o processo criativo a implementar. Este trabalho foi realizado em simultâneo com a pesquisa efectuada para a realização do capítulo 4.

O objectivo fundamental desta pesquisa foi o de encontrar informação que pudesse suportar as duas fases seguintes do processo de concepção.

A segunda fase consistiu na "formulação do problema". Em termos concretos pretendeu-se nesta fase fazer uma listagem tão completa quanto possível de todas as situações a analisar na concepção do sistema.

Dividiu-se a pesquisa em duas grandes áreas:

- a identificação dos problemas a resolver;
- a identificação do universo de soluções possíveis associadas a níveis diferentes de desempenho relacionados com a localização, funções e exigências regulamentares e normativas aplicáveis à divisória.

Na fase seguinte do processo, a terceira, procuraram-se na bibliografia consultada todos os elementos que pudessem servir de apoio à "pré-avaliação" da solução projectada sem sair do nível do "estirador". Era necessário definir técnicas de pré-avaliação do sistema concebido que pudessem permitir retirar algumas indicações acerca da viabilidade do sistema MADLEVE.

Procurou-se a informação ao nível dos seguintes aspectos:

- modelos matemáticos aplicáveis (essencialmente ao nível do isolamento sonoro aos sons aéreos e do comportamento mecânico do painel corrente);
- valores e soluções de referência previstos em Regulamentos nacionais e normas nacionais e estrangeiras aplicáveis;
- valores e soluções associados a sistemas semelhantes homologados (para sistemas sujeitos a procedimentos de homologação);
- valores e soluções associados a sistemas semelhantes considerados como construção tradicional (essencialmente todas as soluções correntes com base em placas de gesso cartonado).

Com base na informação recolhida nas fases anteriores concebeu-se a versão inicial do sistema MADLEVE em que foi necessário:

- dar resposta aos problemas listados anteriormente;
- definir o nível de desempenho da solução a projectar;
- escolher os materiais a aplicar de um leque de soluções possíveis identificadas nesta fase;
- definir complemente as operações de fabrico, montagem e desmontagem a realizar.

Como resultado do processo de concepção materializou-se a solução projectada numa especificação técnica (incluindo peças escritas e desenhadas). Essa

especificação técnica serviu de base à construção dos protótipos usados nos ensaios de avaliação do desempenho.

Os ensaios de avaliação permitiram retirar algumas conclusões que suportaram a revisão da especificação a utilizar futuramente num eventual fabrico em série.

Para facilitar a compreensão da forma como o sistema foi concebido entendeu-se que seria mais funcional apresentar a informação relacionada com o processo de concepção seguindo um outro ordenamento e não respeitando dessa forma a sequência acabada de descrever.

No sub-capítulo 6.2 apresenta-se a "formulação do problema" de acordo com a terminologia identificada na figura 6.1.

No sub-capítulo 6.3 apresentam-se as diversas fases seguidas no processo de concepção propriamente dito enunciando em simultâneo as principais referências bibliográficas consultadas com vista à concepção do sistema.

No sub-capítulo 6.4 apresenta-se uma breve descrição do sistema concebido.

No sub-capítulo 6.5 apresenta-se a justificação das decisões tomadas ao longo da concepção identificando simultaneamente todas as "técnicas de pré-avaliação" que foram utilizadas no apoio à concepção.

No capítulo 7 apresenta-se a avaliação do sistema.

6.2 Formulação do problema

Como atrás se referiu para proceder à concepção do sistema MADLEVE tornou-se necessário caracterizar completamente o problema a resolver.

Seguindo a terminologia apresentada na figura 6.1 esta fase foi designada como "formulação do problema".

O sistema MADLEVE é de acordo com a classificação apresentada no capítulo 3, um sistema de divisórias prefabricadas do tipo desmontável realizado com base em madeira e respectivos derivados.

Como já se explicou "desmontável" surge neste contexto em oposição a amovível e designa um sistema que pode ser desmontado e reinstalado sem perdas de propriedades e sem necessidade de reparações muito importantes e executadas apenas ao nível dos elementos de fixação e garantia de estanquidade. Em geral o processo de desmontagem deve ser efectuado de acordo com as indicações do fabricante e requer o uso de pessoal e ferramentas adequados.

Tudo o que a seguir se refere é aplicável a um sistema com essas características. Deverá ainda ser um sistema com elevado índice de prefabricação, modulado e realizado à base de painéis prefabricados.

A definição dos problemas a resolver foi assim efectuada de acordo com directrizes bem balizadas.

Como resultado da pesquisa efectuada ao nível da definição dos problemas a resolver preparou-se a listagem que se apresenta no Quadro 6.1.

Quadro 6.1 - Concepção do sistema MADLEVE - Lista de problemas a resolver

1.	Definir uma solução para a junta pavimento - painel
2.	Definir uma solução para a junta tecto - painel
3.	Definir uma solução para a junta painel - painel
4.	Definir uma solução para a junta fachada - painel
5.	Decidir o grau de prefabricação do painel
6.	Decidir o tipo de estrutura do painel. Calcular as peças em conformidade
7.	Decidir tipo de ligações entre elementos da estrutura do painel. Efectuar o respectivo cálculo ou dimensionamento
8.	Decidir o tipo de ligação ao nível da fixação das placas exteriores do painel. Efectuar o respectivo cálculo ou dimensionamento
9.	Definir nível de acabamento das placas dos painéis (em fábrica e no local de obra)
10.	Definir soluções para as guarnições de vãos
11.	Resolver o caso particular de ligação de dois painéis em tê
12.	Resolver o caso particular de ligação de dois painéis cruzados
13.	Pormenorizar situações de ângulo saliente
14.	Pormenorizar situações de ângulo reentrante
15.	Pensar em soluções específicas para zonas húmidas
16.	Pensar em soluções para as instalações embebidas - tubos (ventilação, águas, esgotos, aquecimento, gás)
17.	Pensar em soluções para as instalações embebidas - tubos e cabos (electricidade, telefones, alarmes, detecção de incêndios, TV, som, domótica)
18.	Pensar em soluções para as instalações embebidas - equipamentos (tomadas, comandos, grelhas de ventilação, quadros eléctricos, equipamento sanitário, armaduras iluminação)
19.	Conceber painéis especiais (armário, prateleiras, janela, porta, ...)
20.	Conceber soluções para "acessórios" (guichets, aberturas de ventilação, caixilhos móveis, ...)
21.	Pensar uma forma de absorver as deformações da estrutura envolvente existente
22.	Pensar em formas de melhorar a estanquidade ao ar e isolamento acústico
23.	Definir tipo de reforço para fixação de elementos de suporte de instalação ou de artigos de decoração
24.	Pormenorizar situações de ligação a sub-sistemas periféricos (tectos falsos, pavimentos térreos, rodapés, outros)
25.	Definir tolerâncias de fabrico e montagem

Mais à frente, no sub-capítulo 6.4, apresenta-se a justificação das soluções adoptadas na concepção do sistema.

Ao nível da formulação do problema interessava ainda definir os limites de desempenho que a solução a conceber deveria atingir para cumprir as exigências regulamentares e normativas aplicáveis.

Para conceber completamente um sistema de prefabricação é necessário desenvolver soluções para todas as situações aplicáveis.

Para um sistema de divisórias leves prefabricadas podemos definir diferentes situações relacionadas com a respectiva localização e funções (a que se associam diferentes exigências normativas e regulamentares). Para além disso é ainda necessário caracterizar o tipo de ocupação / utilização que o edifício encerra já que esta determina diferentes níveis exigenciais para as soluções construtivas.

É assim necessário definir muitos tipos de soluções que dentro de determinados princípios gerais têm uma certa unidade que justifica a sua aglutinação com a designação genérica de "sistema".

A título de exemplo, e para o caso de edifícios de habitação, é possível definir pelo menos oito tipos de "parede" a que deverão corresponder oito especificações diferentes associadas a diferentes níveis exigenciais. O Quadro 6.2 agrupa as soluções possíveis para esse caso.

Quadro 6.2 - Edifícios de habitação - Tipos de paredes

Paredes auto-portantes	de separação Habitação - Habitação
	de separação Habitação - CHC[1]
	de separação Habitação - CVC[2]
	de simples compartimentação de espaços
	de duplicação de fachada
	de isolamento de reservas técnicas
Revestimento a aplicar sobre suporte de alvenaria	revestimento decorativo - parede interior
	revestimento decorativo - duplicação de fachada

O sistema MADLEVE foi concebido originalmente apenas para a situação corrente de simples compartimentação de espaços.

Atendendo à necessidade de encontrar primeiro uma solução de execução simples e que embora económica pudesse resolver o problema do isolamento sonoro aos sons aéreos não se incluiu no programa de investigação o estudo e pormenorização de algumas situações que seriam tratadas apenas após a resolução dos problemas associados às zonas correntes.

(1) CHC - Circulações horizontais comuns.

(2) CVC - Circulações verticais comuns.

No capítulo 1 já foi feita menção ao âmbito dos trabalhos de investigação efectuados. Relembram-se em seguida as principais linhas gerais desse programa.

Desenvolveu-se uma solução aplicável na simples compartimentação de espaços em edifícios de habitação. Dado que as exigências regulamentares a respeitar nos edifícios de comércio e serviços são inferiores às aplicáveis aos edifícios de habitação, a solução a projectar deveria ser também aplicável a essas situações. Estava também definido como objectivo encontrar uma solução suficientemente genérica que pudesse ser aplicada em edifícios com qualquer tipo de estrutura.

Dessa forma seria possível usar o sistema de divisórias integrado num sistema de prefabricação total com base em madeira e derivados mas também usá-lo como sistema de divisórias a aplicar em edifícios comerciais ou de escritórios com estrutura de betão armado.

Assumiu-se também que o sistema deveria ser aplicado em locais onde os elementos situados na sua fronteira (base, tecto e paredes da envolvente) apresentassem uma rigidez muito superior à da divisória de modo a permitir oferecer a este uma fixação mecânica praticamente indeformável.

Definiu-se assim completamente o objecto da pesquisa: um sistema de divisórias para habitação, comércio ou serviços a usar nas respectivas paredes de compartimentação interior ao nível de um mesmo proprietário.

Por exigências de economia decidiu-se ainda que a divisória deveria ser simples ou seja em que em pelo menos algumas das suas partes existisse uma continuidade mecânica permanente entre as duas faces opostas.

Não são tratados no âmbito desta tese os problemas relacionados com:

- a resolução de casos particulares de zona húmida interior;
- a pormenorização de soluções para os problemas de comportamento termo - higrométrico em zonas de duplicação de fachadas;
- a definição de soluções para instalações embebidas;
- a concepção de painéis para usos especiais;
- a concepção de painéis para elevados níveis de desempenho acústico;
- a resolução de problemas especiais de resistência ou reacção ao fogo;
- a definição de diferentes níveis de acabamento a realizar em fábrica ou na obra.

Isso ficará para futuros desenvolvimentos da investigação efectuada. Apresentam-se no capítulo 8 algumas considerações sobre estes problemas.

O sistema concebido constitui o embrião a partir do qual será possível por simples duplicação de painéis, aumento do número de fiadas de placas, substituição do material a usar nas placas e pormenorização de casos particulares encontrar

soluções aplicáveis em situações onde sejam exigíveis diferentes níveis de desempenho.

6.3 Concepção do sistema

O processo de concepção desenvolveu-se em cinco fases que a seguir se enumeram:

- 1. Definição da Arquitectura-base do sistema;
- 2. Dimensionamento;
- 3. Pré-avaliação do desempenho;
- 4. Pormenorização de ligações (interior dos painéis);
- 5. Pormenorização de situações especiais (ligação entre painéis e zonas de fronteira ou mudança de direcção).

O trabalho de concepção foi realizado com suporte bibliográfico diverso. Descrevem-se em seguida as principais referências consultadas. Limita-se a síntese apresentada aos aspectos que se relacionam com o processo de concepção do "sistema MADLEVE". Divide-se a apresentação nas quatro fases acima referidas.

A Arquitectura-base do sistema foi decidida por analogia com soluções encontradas na bibliografia consultada.

Goetz e outros [151] apresentam esquemas de diversas soluções de parede interior não resistente, incluindo índices de desempenho, realizados a partir de componentes fabricados com madeira e derivados. Embora sem fazer referência a qualquer metodologia de prefabricação estas soluções são a principal fonte de inspiração da criação de MADLEVE.

Para além da citada referência foram consultados muitos outros documentos de que se destacam os seguintes:

- DTU 31.2 [156] sobre estruturas e edifícios de madeira;
- diversos "Códigos de construção" ingleses relacionados com estruturas de madeira [46, 47, 48];
- Directivas UEAtc diversas [205, 206, 207, 276];
- diversos artigos sobre "sistemas construtivos" em madeira de que se destacam [49], [148], [262] e [284];
- o livro "Les systèmes construtifs em bois" [263];
- os documentos [22] e [74] directamente relacionados com "inovação tecnológica" na construção.

As soluções realizadas com base em placas de gesso cartonado são usadas em todo o mundo ocidental há muito tempo. São por esse motivo já consideradas como construção tradicional. Existem muitos documentos de carácter normativo que se referem aos materiais e procedimentos de construção aplicados nessas soluções que serviram de exemplo na concepção do sistema MADLEVE. Os documentos fundamentais consultados têm origem francesa [19, 154], italiana [283], inglesa [41, 42, 43, 44], alemã [136] e americana [6]. Muitas destas normas têm estrutura de "código de boa prática"[3].

O livro em língua alemã [158] apresenta diversos esquemas de ligações entre peças de madeira que foi também usado para inspirar a definição das ligações do sistema a conceber.

Na área do gesso cartonado existem diversos "sistemas de construção" com grande tradição. Foram consultadas publicações técnicas editadas pelos principais fabricantes europeus (British Gypsum, Knauff, Placoplâtre) que forneceram abundante matéria-prima para guiar a concepção do sistema MADLEVE. O facto de esses catálogos indicarem normalmente diversas especificações técnicas e de desempenho permitiu aferir os resultados estimados para o sistema MADLEVE. As publicações [26 a 37], editadas pela British Gypsum, forneceram o principal material usado na comparação de resultados.

Ainda ao nível dos exemplos foi importante a consulta do livro publicado por Walter Henn de que se consultou a versão espanhola ("Tabiques - Problemas Técnicos y ejemplos" [157]) que inclui a apresentação de 40 exemplos comentados de diversos sistemas de divisórias (não necessariamente prefabricadas).

O documento de origem espanhola "Fachadas + Particiones" produzido pela "Direccion General para la vivienda" e editado pela "Central de Publicaciónes" do MOPU (Ministério de las Obras Públicas y Urbanismo) espanhol em 1989 permitiu a consulta de 40 fichas produzidas na década de 70. Estas fichas dizem respeito a divisórias de caracter mais "provisório" (designadas em espanhol "Mamparas") e a divisórias com um carácter mais permanente (designadas em espanhol "Tabiques"). São especificações técnicas relativas a divisórias com estrutura de aço (7 fichas), alumínio (7 fichas), madeira (12 fichas), alvenaria (7 fichas) e divisórias com base em painéis prefabricados (7 fichas). Especificam em fichas separadas procedimentos de concepção, construção, controlo de qualidade, custo, manutenção e cálculo.

Ainda como matéria-prima de base usada na definição da Arquitectura do sistema MADLEVE utilizou-se diversa informação contida no documento da Euro MDF Board (EMB) sobre placas de MDF [141].

No livro "Building Construction Illustrated" [80], Francis Ching apresenta diversos elementos relacionados com "Stud Walls" que forneceram informação relacionada com o "design" a adoptar. Ainda ao nível do design do painel-tipo do sistema encontrou-se na referência "Le bois dans la construction" [150] de Dominique Gauzin-Müller uma resenha de tipos de juntas entre painéis de peças de madeira e de ligações a usar em peças de madeira.

---

(3) Conforme definido por Ferry Borges no seu livro "Qualidade na Construção", (1988) [147].

Com vista à definição dos materiais fez-se uma pesquisa de mercado e consultaram-se diversas publicações de que se destacam a enciclopédia [153], a compilação de normas [20], e diversas publicações sobre madeira maciça de que se destacam [150], [210] e [231 a 233].

Para permitir retirar algumas linhas gerais de orientação no sentido da resolução do problema do isolamento sonoro aos sons aéreos do sistema a conceber consultaram-se diversas publicações de que se destacam as seguintes:

- normas ASTM [4] e [5];
- recomendações do BRE [52, 53, 54, 55, 56 e 57];
- código de construção inglês [45];
- diversos artigos [211, 223 e 265];
- publicação "Acústica de edifícios" [228].

Tomadas as principais decisões com base na informação referida foi possível definir a Arquitectura-base do sistema.

Procedeu-se em seguida ao dimensionamento das diversas peças que compõem os painéis e as respectivas ligações entre si e à envolvente exterior.

Esse dimensionamento foi efectuado da seguinte forma:

- as características mecânicas da madeira de pinho aplicado na construção das estruturas dos painéis foram avaliadas de acordo com documento de Helena Cruz e Saporiti Machado [132];

- as propriedades físicas do MDF foram definidas de acordo com as normas europeias aplicáveis ([95 a 111]);

- para avaliar a ordem de grandeza das peças recorreu-se à norma DIN 4103.4 [135] e às publicações consultadas com vista à definição da Arquitectura-base do sistema e já atrás referidas;

- na avaliação do dimensionamento efectuado usou-se um modelo de flexão simples adaptado e muito simplificado e modelos de isolamento sonoro aos sons aéreos também com ligeiras adaptações. O cálculo foi executado de acordo com o Eurocódigo 5 [118].

Na pré-avaliação do desempenho seguiram-se diversas fontes que se referem no sub-capítulo 6.5.

O cálculo das ligações foi efectuado com informação recolhida essencialmente em Mateus [230], no Eurocódigo 5 [118], em Paulo Mendes [235] e na norma inglesa BS 5268.2 [47].

No apoio à pormenorização de situações especiais e à especificação escrita do sistema usou-se preferencialmente informação recolhida nas referências atrás enunciadas.

Consultaram-se ainda diversas homologações de sistemas de divisórias de origem francesa [119 a 127] e inglesa [25] que não foram no entanto de grande utilidade por não terem grande analogia com o sistema MADLEVE.

6.4 Breve descrição do sistema MADLEVE

No anexo B deste trabalho apresenta-se a especificação técnica detalhada do sistema concebido.

O sistema MADLEVE tem como componentes essenciais uma bordadura exterior em todo o contorno e um conjunto de painéis com "altura de andar" e ligados entre si ao longo das juntas verticais e apoiados na bordadura exterior em todo o contorno da parede.

A bordadura exterior é realizada a partir de vigas de secção rectangular de pinho e destina-se a guiar o trabalho de montagem e a absorver as tolerâncias de fabrico dos painéis e de ajuste dimensional com os sub-sistemas periféricos.

No miolo definido por esta bordadura (que forma como que um caixilho de remate) aplicam-se diversos painéis de vários tipos, parcialmente prefabricados e com dimensões modulares, e que são montados em obra.

A bordadura define a fronteira com os sub-sistemas periféricos do edifício. É transportada para a obra em vigas de secção rectangular e adaptada no local em função das condições reais encontradas.

O painel corrente é constituído por uma grade interna em pinho parcialmente preenchida com duas camadas de placas de lã de vidro. Esta grelha serve para fixar as duas placas exteriores em MDF de 10 mm de espessura e foi concebida de forma a permitir a fixação das placas de lã de vidro sem contacto com as placas externas de MDF de modo a formar uma conjunto de 7 camadas (MDF - ar - lã de vidro - ar - lã de vidro - ar - MDF) completamente separadas entre si em cerca de 77% da área de painel.

Em todas as ligações verticais entre painéis e entre o último painel de cada pano de parede e a bordadura exterior colocou-se um produto resiliente destinado a melhorar o isolamento acústico do sistema e absorver as tolerâncias de fabrico e montagem. Esse mesmo produto é utilizado nas ligações horizontais entre cada componente e a bordadura exterior e entre esta e os sub-sistemas periféricos.

No painel corrente, a grade interna, as placas de lã de vidro e uma das placas de MDF são montadas em fábrica. A outra placa de MDF é pregada em obra depois do posicionamento de cada componente.

Diversos tipos de soluções de acabamento podem ser aplicadas recorrendo a diferentes placas de MDF com ou sem acabamento de fábrica.

As especificações fundamentais do sistema são as seguintes: (para justificação dos valores ver capítulo 7):

- Massa unitária = 23 kg / m^2;

- Altura máxima = 3,70 m;
- Coeficiente de transmissão térmica médio K_m = 0,62 W / m^2 . °C;
- Isolamento sonoro aos sons aéreos (Laboratório): R_w = 39 dB (NP 669 e NP 2073);
- Espessura total = 100 mm;
- Segurança na utilização. Resistência mecânica e estabilidade[4]:
  - Categoria de uso IV (a mais alta) para cargas de choque;
  - Categoria de uso B (a mais alta) para cargas verticais excêntricas apenas em zonas reforçadas.

6.5 Justificação das soluções concebidas

6.5.1 Arquitectura-base e dimensionamento

O primeiro passo a dar na concepção do sistema MADLEVE consistiu na definição da Arquitectura-base do sistema.

Esta era sem dúvida a fase mais decisiva do processo de concepção.

Cinco grandes objectivos guiaram a concepção do painel corrente:

- conceber um sistema que permitisse uma fácil e completa desmontagem;
- obter uma elevada estanquidade ao ar para obter um bom comportamento acústico;
- conceber uma solução que permitisse absorver com facilidade tolerâncias de fabrico e montagem;
- permitir uma fácil ligação aos sub-sistemas periféricos;
- permitir uma fácil e rápida ligação entre painéis correntes.

Para atingir esses objectivos introduziram-se algumas inovações ao nível das ligações entre painéis e destes com a envolvente. A figura 6.2 apresenta os princípios-base dessas ligações.

Esses princípios-base são os seguintes:

- introduziu-se uma bordadura periférica contínua em madeira de pinho destinada a fazer o remate com os sub-sistemas periféricos e a absorver tolerâncias de execução em obra associadas a nivelamento, verticalidade, rectilinearidade e esquadria. Essa envolvente tem ainda por finalidade

(4) De acordo com o ETAG/IPS.

melhorar a estanquidade ao ar na periferia da parede (o desenho 2 do anexo B apresenta a solução projectada);

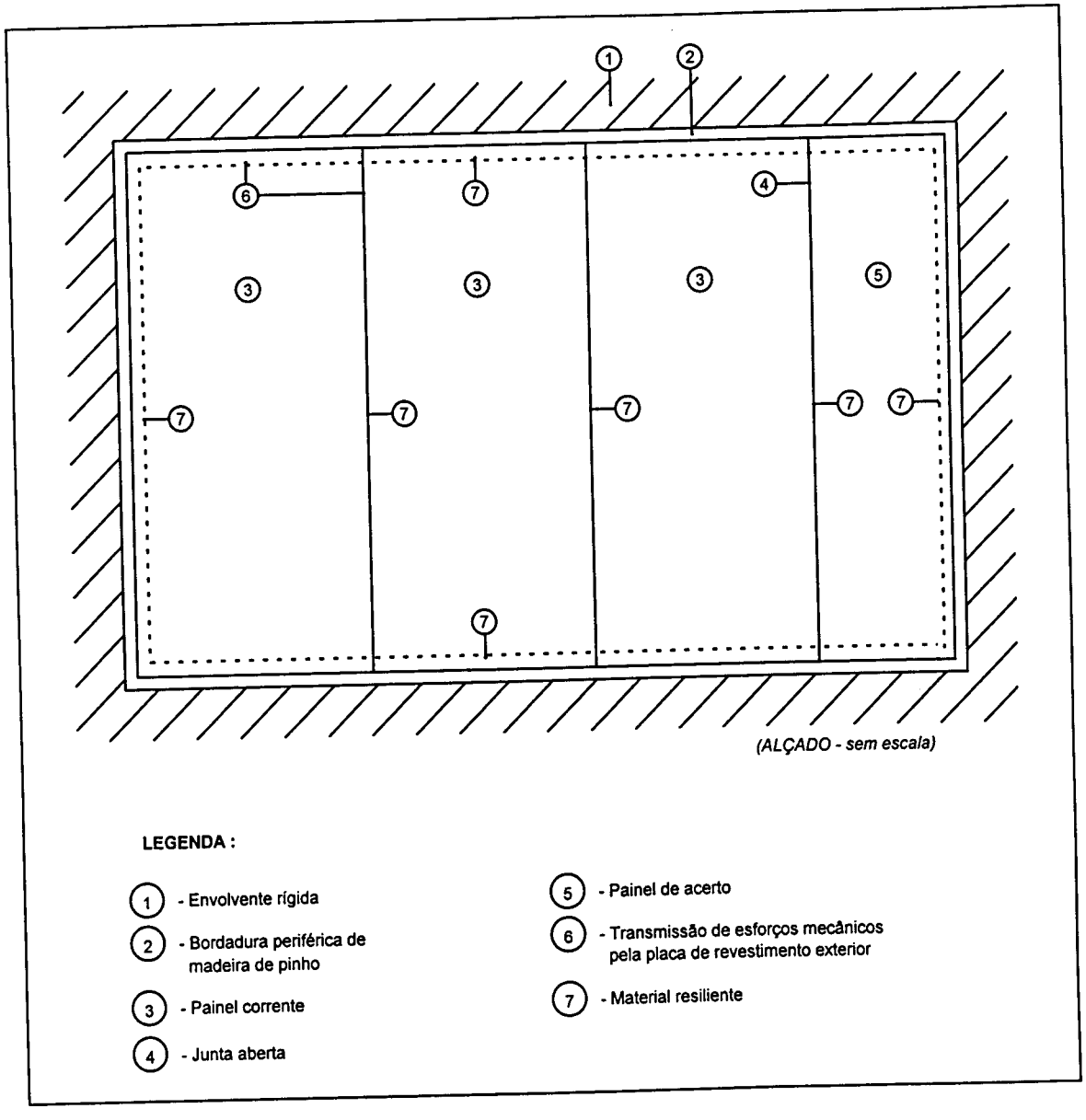


Figura 6.2 - Princípios-base da Arquitectura do sistema MADLEVE

- fez-se a ligação vertical entre painéis por intermédio das placas de revestimento desenhando-se para esse efeito uma junta que materializa a ligação por sobreposição dos bordos das placas de MDF (o desenho 8 do anexo B detalha a solução projectada);

- todo o esforço mecânico associado a acções horizontais em serviço perpendiculares ao plano da parede (modeladas pelos ensaios de choque) é transmitida ao nível das placas de revestimento;

- a junta entre painéis contíguos fica à vista e resulta do processo de montagem;

- em todas as juntas entre painéis e entre estes e os sub-sistemas periféricos coloca-se um material resiliente destinado a absorver as tolerâncias de fabrico e montagem e a melhorar o comportamento acústico da divisória.

Como resultado da definição destes princípios resultou o painel corrente esquematicamente representado na figura 6.3.

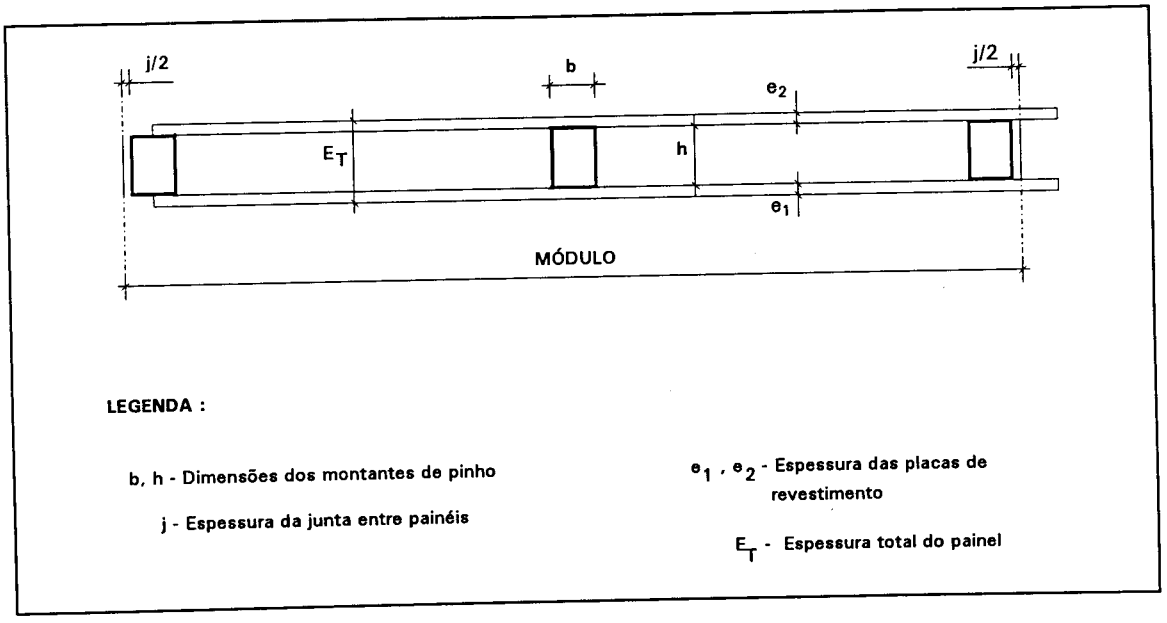


Figura 6.3 - Corte horizontal esquemático do painel corrente do sistema MADLEVE

Para definir as variáveis apresentadas na figura 6.3 adoptou-se o seguinte procedimento:

- escolheu-se o MDF como material a usar nas placas de revestimento porque se pretendia utilizar apenas materiais derivados da madeira e porque se conseguia assim um bom aumento de massa[5] (relativamente ao aglomerado de partículas) sem que o agravamento de custo fosse muito significativo;

- definido o MDF como matéria-prima consultou-se o documento [141] para conhecer o fabrico europeu de placas de MDF e assim definiu-se o módulo-base; das dimensões disponíveis para a largura optou-se por 1,22 m por ser a mais compatível com o objectivo de obter um peso reduzido (a dimensão seguinte é 1,83 m)[6];

- as placas de 1,22 m têm comprimentos de 2,44 m, 2,75 m e 3,66 m o que permite cobrir um leque de pés direitos relativamente vasto: a máxima altura do sistema ficou assim implicitamente definida como 3,70 m resultante da placa de 3,66 m e das juntas inferior e superior.

---

(5) Massa volúmica do MDF = 700 kg/m^3; massa volúmica do aglomerado de partículas = 350 kg/m^3.

(6) Estas medidas estão relacionadas com a dimensão dos pratos das prensas de fabrico.

- definiu-se assim o módulo base como 1,20 m, devendo a especificação de junta permitir absorver os 2 cm de diferença; a dificuldade de conhecer com rigor a compressibilidade do material resiliente de junta, levou a deixar para depois dos ensaios a quantificação rigorosa do valor da dimensão da junta e o desenho da junta entre painéis;

- para absorver os 2 cm de diferença, as placas de MDF deviam ser denteadas na zona de junta vertical de modo a criar uma sobreposição suficiente para absorver essa diferença;

- no protótipo fabricado para ensaio optou-se por assumir as juntas como tendo 10 mm de espessura e as grades em pinho como tendo 1200 mm de largura para reduzir a probalidade de erros no fabrico e montagem; a sobreposição entre placas de MDF resultou assim como devendo ter apenas 10 mm de modo a ser compatível com as restantes dimensões (0,01 = 1,22 - (1,20 + 0,01); metros)[7].

O passo seguinte consistiu na definição da espessura total da parede (E_T). Optou-se por um valor de 10 cm baseado em valores encontrados na norma DIN 4103.4.

Esta norma permitiu ainda encontrar uma ordem de grandeza para os valores de b, h, e_1 e e_2. Optou-se por h = 80 mm, b = 37 mm e $e_1 = e_2 = 10$ mm.

Apesar de se pensar que poderia haver vantagem do ponto de vista acústico em usar $e_1 \neq e_2$ assumiu-se, por questões de economia e simetria, considerar valores de espessura iguais para as duas placas e averiguar nos ensaios o efeito dessa decisão.

O valor de b = 37 mm resultou da utilização de vigas existentes no mercado com 40 mm que depois de trabalhadas ficariam com 37 mm. O valor de $e_1 = e_2 = 10$ mm resultou da necessidade de realizar juntas denteadas (a trabalhabilidade de placas com espessura inferior seria muito discutível). Obteve-se uma espessura total de 10 cm correspondente a 8 cm dos montantes e 2 cm correspondentes às placas de MDF.

Apesar de inferiores aos valores recomendados pela norma DIN 4103.4 estes valores já representam uma melhoria muito significativa relativamente à solução corrente adoptada na actualidade nas "casas leves prefabricadas"[8].

6.5.2 Pré-avaliação do desempenho

Com base na definição prévia do painel que se acaba de apresentar fez-se uma avaliação sumária do seu desempenho previsível.

Como se sabia que a exigência mais difícil de satisfazer era o isolamento sonoro aos sons aéreos limitou-se a analise prévia à previsão do índice R_W do sistema e à

[7] Na especificação técnica designada "Final" afinaram-se estes valores (ver capítulo 8).

[8] Exemplo: aglomerado de partículas com 10 mm de espessura e vigas em pinho formando a grade interna com 50 x 50; paredes com 70 mm de espessura total (sistema A.M. Mesquita - DH 246 - LNEC, Lisboa [209]).

pré-avaliação do seu comportamento mecânico quando sujeito a acções de choque de corpo mole.

6.5.2.1 Pré-avaliação do desempenho acústico

Na definição da terminologia de acústica seguiu-se a norma portuguesa [165].

O sistema MADLEVE é, de acordo com Oliveira de Carvalho [240], uma parede múltipla. Não é uma parede simples (e muito menos homogénea) nem é uma parede dupla perfeita. Os modelos matemáticos de uso corrente associados a esses tipos de paredes não lhe são assim directamente aplicáveis.

Fahy apresenta em [145] no capítulo 4.10 um estudo sobre "Ligação mecânica de divisórias de duas folhas" especificamente dirigida no sentido do estudo das divisórias múltiplas de "esteios"[9]. Esse estudo serviu de base à avaliação prévia do desempenho do sistema MADLEVE.

Fahy refere que "não existe análise teórica completa da transmissão de som através de paredes duplas embora existam disponíveis algumas teorias aproximadas".

Recorrendo a esses estudos teóricos e à consulta de diversos resultados experimentais Fahy conclui que "o índice de redução sonora (de uma parede de esteios) não é substancialmente aumentado em relação ao que resulta da aplicação de lei teórica de massa entrando com a massa total da divisória". Isso resulta do efeito de curto-circuito introduzido pelos esteios e que o preenchimento com mantas ou painéis rígidos de lã mineral não consegue anular. A incorporação da lã mineral permite no entanto atenuar substancialmente a diminuição do isolamento na vizinhança das frequências de ressonância massa - ar - massa.

Tendo em conta a investigação realizada por Fahy entendeu-se que seria feita a pré-avaliação do desempenho acústico do sistema recorrendo apenas à lei da massa (figura 6.4).

Admitiu-se também que a divisória MADLEVE poderia ter no entanto nas altas frequências um comportamento típico de parede dupla pelo que se entendeu que seria importante aplicar-lhe os princípios fundamentais a respeitar no dimensionamento acústico de paredes duplas. Esta suposição baseou-se no facto de a grade de pinho cobrir apenas 23% da área de cada painel (ou seja, as divisórias do sistema são "duplas" em 77% da área) e ser assim de prever que os fenómenos de coincidência (ocorrem nas altas frequências para as placas de MDF com 10 mm) e de ressonância de cavidade (ocorrem previsivelmente nas altas frequências) pudessem ter importância no comportamento da divisória.

Esses princípios são referidos, por exemplo, em Martins da Silva [229] e Fahy [145] e consistem no seguinte:

- reduzir ao mínimo possível a frequência de ressonância;

[9] Usando a terminologia de Oliveira de Carvalho [240].

- aumentar ao máximo a frequência de coincidência de modo a permitir que seja preponderante a contribuição do efeito de massa na gama de frequências com interesse (100 a 4000 Hz).

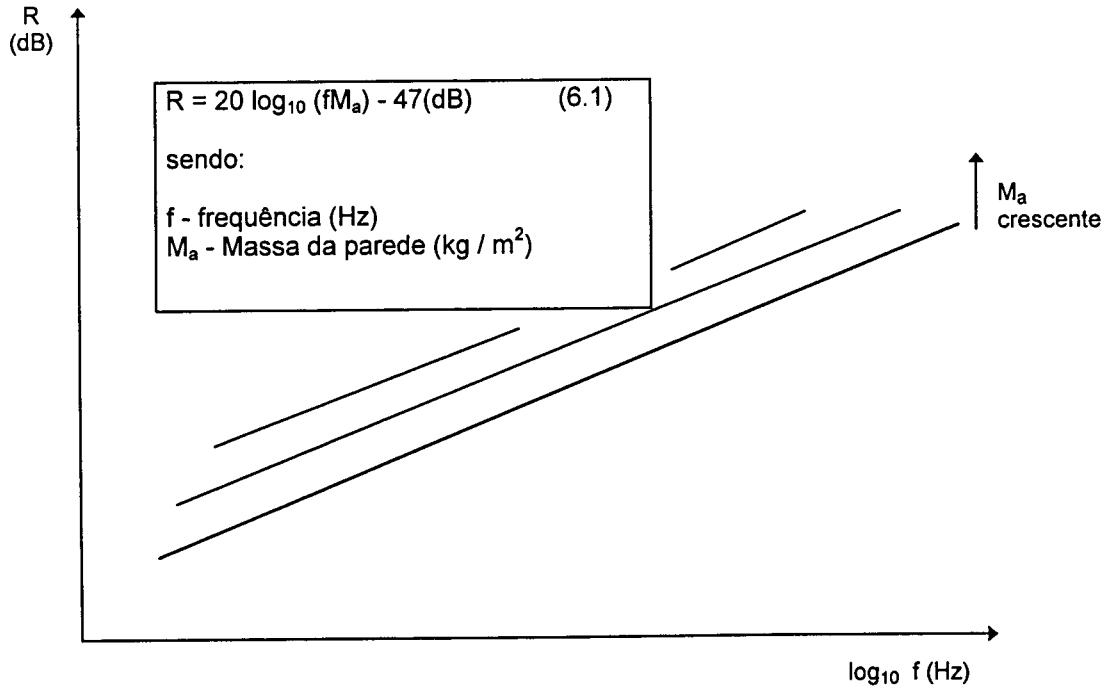


Figura 6.4 - Lei da massa

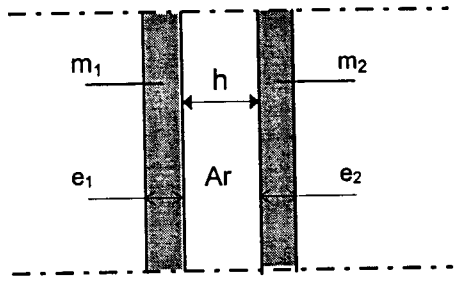
Dentro dessa linha avaliaram-se as frequências de ressonância e coincidência do sistema MADLEVE, entendido como parede dupla perfeita.

O formulário foi retirado de Oliveira de Carvalho [240], Correia da Silva [130] e Chemillier [79]. A figura 6.5 resume o modelo seguido.

Na aplicação do modelo ao sistema MADLEVE adoptaram-se para as diversas variáveis definidas na figura 6.5 os seguintes valores:

- $m_1 = m_2 = 7$ kg / m^2 ;
- $e_1 = e_2 = 0{,}01$ m ;
- $E_x = 2{,}5$ Gpa ;
- $f = 700$ kg / m^3 ;
- $c = 340$ m/s ;
- $\nu = 0{,}2$;
- $h = 0{,}08$ m .

Esquema:



Legenda:

e_i - *Espessura (m)*
E_x - *Módulo de elasticidade (N/m²)*
ν - *Módulo de Young*
c - *Velocidade do som no ar (m/s)*
i - *n^os inteiros (1, 2, 3, ...)*
m_i - *Massa da placa i (kg/m²)*
h - *Distância entre placas (m)*
f_r - *Frequência de ressonância (Hz)*
f_{c1} - *Frequência de coincidência da placa 1 (Hz)*
f_{c2} - *Frequência de coincidência da placa 2 (Hz)*
f_{rci} - *Frequência de ressonância de cavidade de ordem i (Hz)*

Formulário:

$$f_{ci} = \frac{c^2}{2\pi}\sqrt{\frac{m_i}{B_i}}(Hz);B_i = \frac{E}{1-\upsilon^2}\cdot\frac{e_i^3}{12}(Nm) \qquad (6.2)$$

$$f_{rci} = \frac{c\,.\,i}{2h}(Hz) \qquad (6.3)$$

$$f_r = 60\sqrt{\frac{1}{h}\left(\frac{1}{m_1}+\frac{1}{m_2}\right)}\ (Hz) \qquad (6.4)$$

Figura 6.5 - Modelo aplicado na avaliação das frequências de ressonância e de coincidência do sistema MADLEVE

A aplicação do modelo identificado na figura 6.5 ao sistema MADLEVE conduziu aos seguintes resultados:

- $f_r = 60\sqrt{\frac{1}{0,08}\ x\ \left(\frac{1}{7}+\frac{1}{7}\right)} = 113\ Hz$;

- $f_{c1} = f_{c2} = \frac{340^2}{2\pi}\ x\sqrt{\frac{7}{B}} = 3304\ Hz$;

- $B = \frac{E}{1-\upsilon^2}\ x\ \frac{e_1^3}{12} = \frac{2,5\ x\ 10^9}{1-0,2^2}\ x\ \frac{0,01^3}{12} = 217\ Nm$;

- $f_{rc1} = \frac{170\ x\ 1}{0,08} = 2125\ Hz$;

- $f_{rc2} = \frac{170 \times 2}{0,08} = 4250$ Hz ;

- $f_{rc3} = \frac{170 \times 3}{0,08} = 6375$ Hz ;

- $f_{rc4} = \frac{170 \times 4}{0,08} = 8500$ Hz .

Não foi possível obter valores das frequências de coincidência fora do intervalo [100;4000] Hz.

A avaliação do R previsível do sistema MADLEVE pela aplicação da lei de massa (modelo a que se refere a figura 6.4) conduziu aos seguintes valores:

$R_{100} = 20 \log_{10} (100 \times 23) - 47 = 20$ dB
$R_{125} = 20 \log_{10} (125 \times 23) - 47 = 22$ dB
$R_{160} = 20 \log_{10} (160 \times 23) - 47 = 24$ dB
$R_{200} = 20 \log_{10} (200 \times 23) - 47 = 26$ dB
$R_{250} = 20 \log_{10} (250 \times 23) - 47 = 28$ dB
$R_{325} = 20 \log_{10} (325 \times 23) - 47 = 30$ dB
$R_{400} = 20 \log_{10} (400 \times 23) - 47 = 32$ dB
$R_{500} = 20 \log_{10} (500 \times 23) - 47 = 34$ dB
$R_{630} = 20 \log_{10} (630 \times 23) - 47 = 36$ dB

$R_{800} = 20 \log_{10} (800 \times 23) - 47 = 38$ dB
$R_{1000} = 20 \log_{10} (1000 \times 23) - 47 = 40$ dB
$R_{1250} = 20 \log_{10} (1250 \times 23) - 47 = 42$ dB
$R_{1600} = 20 \log_{10} (1600 \times 23) - 47 = 44$ dB
$R_{2000} = 20 \log_{10} (2000 \times 23) - 47 = 46$ dB
$R_{2500} = 20 \log_{10} (2500 \times 23) - 47 = 48$ dB
$R_{3150} = 20 \log_{10} (3150 \times 23) - 47 = 50$ dB
$R_{4000} = 20 \log_{10} (4000 \times 23) - 47 = 52$ dB
$R_{5000} = 20 \log_{10} (5000 \times 23) - 47 = 54$ dB

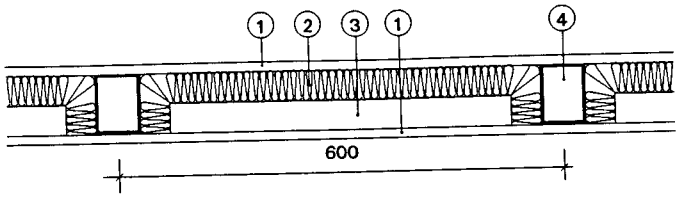
A aplicação da NP 2073 a estes valores conduz a R_w igual a 39 dB. Este valor está próximo do valor pretendido (40 dB). Admitiu-se que o valor real poderia ser ligeiramente superior já que a avaliação pela lei de massa seria, em princípio, segundo Fahy, uma avaliação por defeito.

Procurou-se também obter alguns ganhos no desempenho acústico com a introdução de painéis semi-rígidos de lã de vidro de uma forma diferente da habitual.

Para esse efeito decidiu-se introduzir no interior da grade diversas travações dos montantes verticais com 20 mm de espessura que teriam, para além da função de travação, a função de suporte à colocação de duas placas de lã de vidro semi-rígidas (uma de cada lado das peças de travação) obtendo-se com isso um aumento significativo do amortecimento da energia sonora transmitida sem comprometer a diminuição do efeito de ressonância massa-ar-massa que seria da mesma forma assegurado por essas placas. Esta decisão não teve qualquer suporte bibliográfico e resultou apenas do interesse em testar esta possibilidade adicional.

O plano de ensaios deveria contemplar a possibilidade de testar a influência deste tipo de preenchimento da caixa de ar.

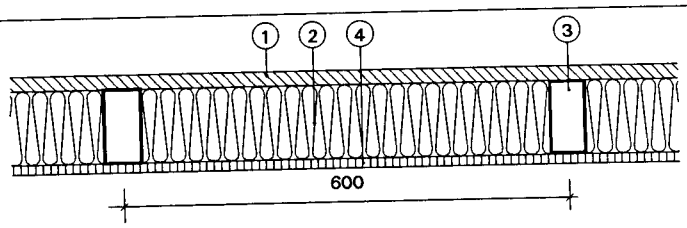
A consulta de Goetz e outros [151] permitiu encontrar os valores de R_w para soluções semelhantes ao sistema MADLEVE. A figura 6.6 apresenta exemplos dessas soluções.



LEGENDA :

(1) - Placas de gesso cartonado com 12.5 mm ; juntas no eixo dos montantes
(2) - Lã mineral com 40 mm de espessura, 40 Kg/m^3
(3) - Espaço de ar com 40 mm
(4) - Montantes com 60 mm x 80 mm (madeira)

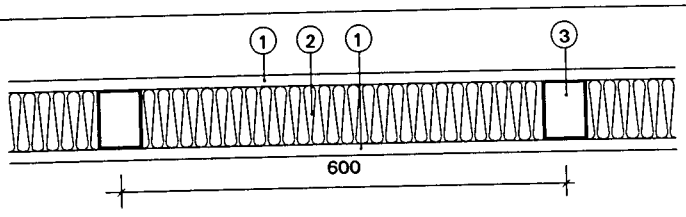
Escala: 1/10 | R_w = 38 dB



LEGENDA :

(1) - Revestimento de madeira maciça com 19 mm de espessura; junta macheada
(2) - Lã mineral com 100 mm de espessura
(3) - Montantes de madeira com 50mm x 100 mm
(4) - Placas de aglomerado de partículas com 13 mm de espessura

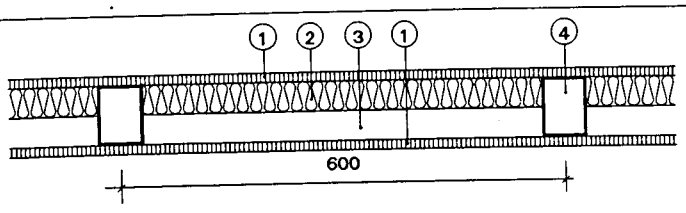
Escala: 1/10 | R_w = 38 dB



LEGENDA :

(1) - Placas de gesso cartonado com 15 mm ; juntas no eixo dos montantes
(2) - Lã mineral com 80 mm de espessura, 30 Kg/m^3
(3) - Montantes de madeira com 60 mm x 80 mm

Escala: 1/10 | R_w =40 dB



LEGENDA:

(1) - Placas de aglomerado de partículas com 13 mm de espessura
(2) - Lã mineral com 40 mm de espessura, 50 Kg/m^3
(3) - Espaço de ar com 40 mm
(4) - Montantes de madeira com 60 mm x 80 mm

Escala: 1/10 | R_w = 40 dB

Figura 6.6 - R_w de soluções semelhantes ao sistema MADLEVE (extraído de Goetz e outros [151])

Com placas de gesso cartonado obtêm-se valores de mesma ordem de grandeza. A figura 6.7 representa a solução Gyproc da British Gypsum para paredes com base em placas de gesso cartonado e estrutura de madeira ("Timber stud Partitions").

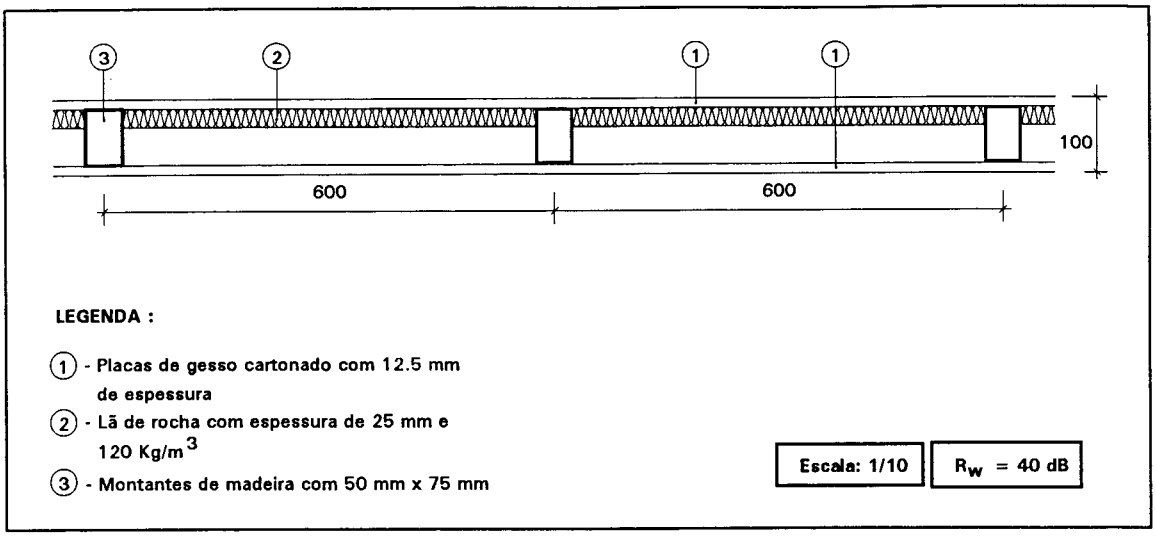


Figura 6.7 - "Timber stud partitions" da British Gypsum

6.5.2.2 Pré-avaliação do desempenho mecânico

Do ponto de vista mecânico a pré-avaliação foi também efectuada de forma aproximada.

Cada painel está apoiado em cima e em baixo no "quadro" de bordadura e apoia-se ainda em dois painéis contíguos. Os dois últimos painéis apoiam-se também no quadro de bordadura.

Admitiu-se do lado de segurança que cada painel está simplesmente apoiado em cima e em baixo desprezando-se a travação vertical garantida pelos painéis contíguos e pela bordadura periférica.

Para avaliar a resistência mecânica do painel contou-se com a contribuição dos montantes para a resistência contabilizando ainda o efeito de travação e solidarização proveniente das placas e das peças interiores de travação e fixação das placas de lã de vidro. Para considerar alguma contribuição desse efeito de conjunto reduziu-se o valor do momento flector teórico (M_o = Pl/4) em 33% adoptando M_o = Pl/6.

6.5.2.2.1 Características mecânicas dos materiais

Tendo em conta o que se acaba de referir adoptaram-se para as características mecânicas dos materiais os seguintes valores (usando a notação do Eurocódigo 5, também referida no documento [116]):

- Características mecânicas das peças de pinho, admitindo pinho da classe de qualidade PE1[10] a que corresponde a classe de resistência C27:

  $f_{m,k}$ (resistência característica à flexão estática) = 27 MPa ;

  $f_{v,k}$ (resistência característica ao corte = 2,8 MPa ;

  $E_{0,k50}$ (módulo de elasticidade paralelo às fibras - valor médio) = 12 GPa;

  ρ_k (massa volúmica característica) = 370 kg / m^3 ;

- Características mecânicas do MDF de acordo com a norma prEN 622-5 [111]:

  E_x (módulo de elasticidade) = 2,5 GPa ;

  $f_{m,k}$ (resistência característica à flexão estática) = 35 MPa ;

  $f_{v,k}$ (resistência característica ao corte) = 0,65 MPa ;

- Relação entre valores característicos e valores de cálculo [118]:

$$X_d = \frac{K_{mod} \cdot X_k}{\gamma} \quad . \qquad (6.5)$$

Neste caso considerando, de acordo com [118], K_{mod} = 1,1 e γ = 1,3 obteve-se,

$X_d = 0{,}85\ X_k$.

6.5.2.2.2 Verificação da resistência

Realizaram-se os seguintes cálculos de verificação da resistência:

- Avaliação da tensão média de flexão nas peças de pinho [11]:

  $f_{m,d} = 0{,}85 \times 27 = 23$ MPa ;

  Acção (corpo de choque) = 0,5 kN x 3 (coef. dinâmico) = 1,5 kN ;

$$M_o = \frac{Pl}{6} = \frac{1{,}5 \times 3{,}65}{6} = 0.91 \text{ kNm} \quad ; \quad (M_O \text{ - momento flector})$$

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{3{,}7 \times 8^2}{6} = 39{,}5 \text{ cm}^3 \quad ; \quad (W_x \text{ - módulo de flexão})$$

[10] De acordo com o documento [132].

[11] Não se consideraram coeficientes de majoração das acções; pretendeu-se apenas obter uma ordem de grandeza dos valores em jogo.

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_o}{W_x} = \frac{0.91 \times 10^{-3}}{39.5 \times 10^{-6}} = 23 \text{ MPa} = f_{m,d}^{(12)} \ ;$$

- Verificação da resistência ao corte dos montantes:

$$f_{r,d} = 0,85 \times 2,8 = 2,4 \text{ MPa} \ ;$$

$$\tau_d = \frac{P}{bh} = \frac{1,5 \times 10^{-3}}{0,037 \times 0,080} = 0,05 \text{ MPa} < 2,4 \ ;$$

- Verificação da resistência ao corte da placa de MDF[13]:

$$f_{r,d} = 0,85 \times 0,65 = 0,55 \text{ MPa} \ ;$$

$$\tau_d = \frac{1,5 \times 10^{-3}}{0,5 \times 0,01} = 0,3 \text{ MPa} < 0,55 \ .$$

6.5.2.2.3 Avaliação da deformação

Avaliou-se a ordem de grandeza da deformação do sistema MADLEVE quando sujeito à acção dos corpos de choque aplicando um coeficiente de minoração 2 à expressão teórica da Teoria da Elasticidade para ter em conta o efeito de travação das placas e das peças da grade. O valor da flecha máxima esperada por acção do corpo de choque foi assim avaliado da seguinte forma:

$$u = \text{flecha} = \frac{1}{2} \times \frac{Pl^3}{48 E_x I_x} = \frac{1}{3} \times \frac{1,5 \times 3,65^3}{48 \times 12 \times 10^6 \times 158 \times 10^{-8}} \times 10^2 = 4,0 \text{ cm} \ .$$

Na expressão anterior o significado dos símbolos é o seguinte:

- I_x = momento de inércia de 1 montante = $\frac{3,7 \times 8^3}{12} = 158 \text{ cm}^4$;
- E_x = módulo de elasticidade do pinho = 12 GPa ;
- l = vão = 3,65 m ;
- P = Acção (dinâmica) = 1,5 kN .

A avaliação da deformação teve por objectivo obter uma ordem de grandeza dos valores envolvidos já que a presença das placas de MDF e a dificuldade em avaliar

(12) Entendeu-se que o valor de $\sigma_{m,d}$ foi avaliado muito do lado da segurança já que o modelo adoptado considera que a acção de choque é apenas absorvida por um montante o que parece muito exagerado (as placas e as travações internas garantem um funcionamento de conjunto de um ou mais painéis).

(13) Admitindo que o corpo de choque exerce a sua acção na bordadura da divisória junto ao apoio. Admitiu-se que "resistiam" neste caso 50 cm de placa.

o efeito dinâmico torna o problema muito complexo o que não permite avaliar os valores com muito rigor.

6.5.3 Pormenorização de ligações

Definida a geometria fundamental do painel corrente do sistema MADLEVE passou-se à fase de concepção do tipo de ligações a adoptar em cada caso e do respectivo cálculo. Deixou-se para uma fase posterior a definição das ligações entre painéis e de todos os casos especiais a analisar (ver sub-capítulo 6.5.4).

6.5.3.1 Painel Corrente

Ao nível do painel corrente as ligações a dimensionar são as definidas no desenho 4 do anexo B.

Optou-se, como é habitual, por ligações pregadas usando pregos correntes quadrados de fabrico nacional.

Não se entendeu ser adequado o uso de pregos para fixação pneumática dado o pouco espaço existente para pregar o que poderia conduzir a estragos nas peças de pinho sempre que a pregagem não fosse executada de forma geometricamente adequada (poderia haver "lascagem" ou "abertura de fendas" nas peças de pinho).

O sistema MADLEVE destina-se apenas a participar na compartimentação de espaços do edifício não podendo ter em nenhuma circunstância participação na resistência estrutural do mesmo. Por esse motivo o Eurocódigo 5 não lhe é aplicável. Esse documento foi, no entanto, usado como base qualitativa a seguir na definição das ligações e a cumprir sempre que possível.

De acordo com o Eurocódigo 5 as distâncias mínimas a respeitar entre pregos e destes aos bordos das peças a ligar diminuem com a pré-furação. Definiu-se assim como necessária a pré-furação nas ligações a que se refere o desenho 4 do anexo B.

Por outro lado, no Eurocódigo 5 afirma-se que a pregagem no sentido paralelo às fibras não deve ser considerada no cálculo da resistência da ligação. Dentro deste contexto na ligação a que se refere o pormenor 1 do desenho 4 do anexo B não há teoricamente transmissão de esforço. As ligações a que se referem os pormenores 2 e 3 são interiores pelo que qualquer esforço de choque é transmitido inicialmente aos montantes sendo difícil avaliar a acção em cada ligação.

Dentro deste cenário não foi adoptada na definição das ligações ao nível da grade do painel corrente nenhum critério matemático definido normativamente.

Tentou-se, na medida do possível, respeitar os valores de espaçamentos e distâncias aos bordos definidas na norma BS 5268.2 [47], já que estes não dependem dos esforços, nem das características mecânicas da madeira e pregos utilizados (o que é o caso do formulário do Eurocódigo 5).

Usaram-se ainda na avaliação do esforço máximo que cada ligação podia absorver os valores referidos em Mateus [230].

Assim no pormenor 1 (onde os pregos teoricamente não são capazes de transmitir esforços) foram colocados dois pregos 45/105 que segundo Mateus poderiam absorver em serviço cerca de 1,25 kN. A distância mínima entre pregos, segundo a BS 5268.2, para pregos com pré-furação, é de dez diâmetros (pregagem paralela ao grão - Tabela 58 - pág. 60). A distância mínima ao bordo é também de 10 diâmetros. A definição dos espaçamentos não poderia assim respeitar esta norma. Optou-se por privilegiar a distância entre pregos. Não pareceu razoável usar pregos de menor diâmetro para absorver os esforços da ordem de grandeza da acção do choque de corpo mole (acção dinâmica de um corpo com cerca de 0,5 kN e energias de choque variáveis).

De notar que não foi considerada importante a aparente fraqueza desta ligação já que qualquer esforço de choque nesta zona é preferencialmente transmitido pelas placas de MDF à esquadria envolvente exterior pelo que o mais importante será permitir a boa ligação das placas de MDF à grade para garantir um perfeito funcionamento de conjunto entre grade e placas.

Para o pormenor 2, segundo Mateus, dois pregos 29/75 absorvem cerca de 0,54 kN e a distância a respeitar são de 5 diâmetros ao bordo (≈ 1,5 cm) e 3 diâmetros entre pregos (≈ 0,9 cm), o que foi facilmente respeitado.

Para o pormenor 3, 3 pregos 21/55 garantem cerca de 0,40 kN e aplicam-se as regras de afastamento do pormenor 2. A distância ao bordo não é assim respeitada (só se dispõe de 10 mm em vez dos 15 mm necessários).

Em relação ao comprimento dos pregos os mesmos foram definidos tendo em conta a previsível resistência ao arrancamento associada.

Essa resistência foi também avaliada de acordo com a BS 5268.2 (Tabela 60 - pág. 61) chegando-se aos seguintes valores[14]:

- Pormenor 1: esta ligação não deverá absorver esforços de arrancamento[15];
- Pormenor 2: 1,33 kN por ligação (2 pregos 29/75);
- Pormenor 3: 0,35 kN por prego.

Os valores referidos referem-se a pregos de secção circular mas esclarece-se na norma BS 5268.2 que na utilização de pregos de secção quadrada poderemos contar com um aumento de resistência de cerca de 25%.

Os elementos de travação foram colocados na grade para obviar à fraqueza da ligação a que se refere o pormenor 1[16].

Dado que a pregagem (ou aparafusamento) teria sempre de ser realizada no sentido paralelo às fibras, a solução alternativa ao pormenor 1 passaria por realizar uma ligação de outro tipo o que conduziria a custos excessivos na mão-de-obra de

[14] Admitindo madeira da classe de resistência SC1. De acordo com a BS 5268.2 são admitidas 9 classes de resistência SC1 a SC9 sendo SC1 a mais fraca.

[15] A pregagem de topo no sentido paralelo às fibras é totalmente desaconselhada.

[16] Além de outras funções já atrás referidas.

fabrico da grade. Optou-se assim pelo tipo de ligação usada na generalidade das situações de prefabricação leve com base em madeira.

A solidarização da grade é garantida pelas placas de MDF.

Na escolha do tipo de fixação de placa optou-se por pregos denteados para máquinas de pregar pneumáticas fornecidos em bobine. Escolheu-se o menor diâmetro existente (2,1 mm) e o comprimento de 45 mm resultou da necessidade de garantir a máxima resistência ao arrancamento sem que ocorresse o contacto entre as pregagens das duas placas opostas.

A resistência ao arrancamento de cada prego avaliada de acordo com a BS 5268.2 (muito do lado da segurança já que a mesma se refere a pregagem com pregos de secção circular) é de 0,49 kN.

O espaçamento destes pregos foi definido de acordo com as regras definidas no Eurocódigo 5 [118] e no documento da EMB [141].

Escolheu-se assim o valor de 15 cm, que é o espaçamento máximo aconselhado pelo Eurocódigo 5 para paredes do tipo "diafragma".

Na pregagem para o montante intermédio o valor aconselhado é de 30 mm. Entendeu-se, no entanto, que se deveria uniformizar o valor nos 15 cm para evitar erros. Para além disso a garantia de bom funcionamento do painel resulta essencialmente da acção de solidarização global realizada pelas placas de MDF e para a qual é fundamental a contribuição da pregagem para evitar o "arrancamento" parcial da placa associado às deformações impostas pelas acções de choque.

A distância aos bordos não poderá ser inferior a 12 mm na zona corrente e 25 mm nos cantos da placa. Estas distâncias são verificadas em todo o perímetro da placa.

A pregagem das placas de MDF deve ser efectuada com pré-marcação para evitar erros de localização.

Em jeito de conclusão pode-se referir que os princípios-base usados na concepção e dimensionamento das ligações ao nível do painel corrente do sistema MADLEVE foram os seguintes:

- garantir na medida do possível o respeito pela normalização aplicável a ligações em estruturas de madeira;
- garantir a perfeita solidarização entre as placas de MDF e a grade interior para permitir a deformação uniforme de todos os constituintes do painel (quando sujeito a acções horizontais);
- conceber o painel de modo a garantir a transmissão de esforços entre painéis ao nível das placas de MDF.

A validação da concepção deveria ser assegurada por via experimental.

6.5.3.2 Ligações aos sub-sistemas periféricos

O sistema MADLEVE pressupõe que todos os esforços provenientes de acções horizontais dinâmicas (e modelado pelos ensaios de choque) resultantes do uso normal da divisória instalada deverão ser transmitidos aos sub-sistemas periféricos através da esquadria envolvente de pinho.

Seguindo a metodologia usada na definição arquitectónica e dimensionamento as ligações a projectar deverão absorver um esforço de cerca de 1,5 kN (resultante da aplicação de um coeficiente dinâmico 3 à acção de choque de 0,5 kN).

De acordo com a norma DIN 4103.4 [135] deverão ser usados inferiormente parafusos de 6 mm afastados de 1,0 metro e lateralmente 2 parafusos de 6 mm.

Consultando os valores de resistência referidos na BS 5268.2 (Tabela 65, pág. 64) chegou-se ao valor de 0,45 kN (para madeira de classe de resistência SC1) para parafusos de 6 mm e uma penetração mínima de 34 mm (valor muito baixo). Para esse valor de resistência seria necessário colocar os parafusos espaçados de cerca de 30 cm.

Atendendo à evidente contradição entre as duas normas entendeu-se seguir a norma DIN 4103.4 que se aplica directamente a divisórias de madeira.

Foi assim decidido aplicar parafusos POZIDRIVE de 6,0 mm de espessura e 100 mm de comprimento afastados entre si de 75 mm o que garante uma penetração no suporte de cerca de 50 mm e uma resistência ao corte simples, segundo o fabricante, de cerca de 1,1 kN e a consequente resistência à acção dinâmica de 1,5 KN desde que o choque "interesse" pelo menos cerca de 1 metro de esquadria o que parece ser um valor aceitável. Além disso os choques verosímeis ocorrerão sempre afastados da base e topo da divisória o que garante uma certa distribuição do esforço pela esquadria envolvente superior e inferior.

Especificou-se ainda a utilização de buchas de nylon de boa qualidade de diâmetro compatível com os parafusos.

As buchas e parafusos especificados podem ser aplicadas tanto em betão como em madeira. A resistência ao corte do parafuso é também naturalmente superior no betão. As resistências indicadas nos parágrafos anteriores são aplicáveis aos casos de fixação de madeira sobre madeira.

6.5.4 Pormenorização de situações especiais

Definido o painel corrente procedeu-se à respectiva pormenorização. A pormenorização corrente pode ser apreciada nos desenhos 1, 2, 3, 4 e 8 do anexo B.

A pormenorização de módulos especiais (módulo de porta, módulo corrente e módulo com envidraçado) é apresentada nos desenhos 5, 6 e 7.

A pormenorização das situações especiais é apresentada nos desenhos 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15.

Apresentam-se em seguida os comentários mais relevantes associados a essa pormenorização.

a) Módulo de Porta (desenho 5)

Manteve-se a filosofia do painel corrente usando o mesmo tipo de ligação nos diversos locais onde a analogia era obviamente aplicável. Disfarçou-se a "fragilidade" associada ao vão de porta reforçando consideravelmente o respectivo aro. A resistência aos choques deste módulo deverá ser, no entanto, avaliada com algum cuidado. Manteve-se a mesma filosofia de manuseamento, montagem e desmontagem do painel corrente concebendo-se alguns cuidados ao nível do transporte e montagem que são referidos na parte escrita da especificação técnica apresentada no anexo B.

b) Módulo de acerto (desenho 6)

Este módulo é em tudo análogo ao módulo corrente. Destina-se a resolver os "fechos" de paredes para acertar as dimensões da obra aos módulos disponíveis.

c) Módulo de envidraçado (desenho 7)

Este módulo foi concebido com base em informação recolhida nos ensaios. A sua pormenorização não faz parte da versão de "Ensaio" apresentada na publicação [12].

d) Ângulo saliente / reentrante (desenho 9)

Introduziu-se um prumo de lamelado colado de pinho para permitir a fixação de dois painéis em ângulo. Esta peça permite a fixação de cobre-juntas. Conceberam-se as ligações (parafusos "Tirefond" 7,0 / 140 afastados de 1 metro para fixação dos painéis alinhados em ângulo e pregos para aplicação manual 21 / 55 afastados de 15 cm para fixação das placas de MDF de cobre-juntas) sem cálculo por analogia com o painel corrente.

e) Ligação a parede rígida (fecho lateral) - (desenho 10)

Manteve-se a filosofia do painel corrente. A fixação vertical à esquadria envolvente é análoga à seguida na base e topo do painel corrente. Usaram-se assim parafusos Pozidrive 6,0 / 100 afastados de 75 cm o que conduz a cerca de 4 parafusos por pé-direito comum (a norma DIN 4103.4 prevê apenas 2 parafusos).

Conceberam-se cobre-juntas de madeira para resolver o problema estético. Usaram-se na versão de "Ensaio" peças de pinho com 47 mm x 80 mm nos montantes da esquadria exterior devido à falta de espaço para colocar o cobre-juntas. Na versão "Final" mudou-se o perfil para 37 mm x 80 mm.

f) Ligação à guarnição de vãos (desenho 11)

Estudaram-se as implicações da utilização de dois módulos de porta contíguos. O módulo de porta é tratado como um módulo corrente deixando o espaço para colocar um aro e guarnição prefabricados a montar em obra. Esta filosofia implica alguns condicionalismos ao nível da localização das juntas.

g) Ligação em T (desenho 12)

Dado que o sistema de divisórias tem de ser ensaiado aos choques com um bordo livre entendeu-se que esta ligação não necessitaria ser fixa.

As duas divisórias são assim simplesmente encostadas. Uma tira de material resiliente garante a estanquidade ao ar, a manutenção do nível de isolamento aos sons aéreos das zonas correntes e a absorção de tolerâncias de montagem.

É naturalmente necessário tomar algumas precauções na montagem que são referidas na parte escrita da especificação técnica apresentada no anexo B.

h) Remate em tectos e pavimentos (desenho 13)

Não há nada de especial a referir salvo que a filosofia de concepção do sistema MADLEVE implica uma completa separação física entre a divisória e o tecto falso (por questões de desempenho acústico) implicando o "retalho" dos tectos falsos necessários em função da compartimentação definida pelas divisórias. Esta observação aplica-se também aos pavimentos técnicos.

i) Fixação de objectos pesados (desenho 14)

A fixação de objectos pesados nas divisórias do sistema MADLEVE em zona corrente não é em princípio possível. Toda a segurança é nestes casos apenas assegurada pela resistência ao corte e arrancamento de parafusos de uma placa de MDF de 10 mm.

A fixação de objectos de decoração correntes deve ser possível em qualquer ponto da divisória.

A verificação desta exigência deveria ser comprovada pela realização de ensaios de arrancamento e suspensão de carga em zona corrente.

De acordo com o ETAG/IPS, seguido na avaliação do desempenho do sistema MADLEVE, o provete deverá assegurar pelo menos uma resistência ao arrancamento de 250 N e de suspensão de carga de 100 N[17].

A consulta da norma BS 5268.2 permitiu prever para um parafuso de 4,5 mm resistências de 100 N ao arrancamento e 345 N ao corte o que não é suficiente. Estranhamente, a publicação [141] indica para estes mesmos parafusos, e desde

[17] Várias vezes foi discutido ao nível da EOTA (WG 5.05) que a norma ISO DIS 8413 que serviu de base à fixação dos valores referidos no ETAG/IPS deverá ter os valores das duas resistências trocados. No entanto a versão do ETAG/IPS que serviu de base à avaliação do sistema MADLEVE não considerou qualquer alteração aos valores da referida norma ISO.

que o comprimento de furação seja superior a 16 mm, o valor de 1400 N (!!...) ao arrancamento.

Atendendo a esta evidente contradição escolheu-se o parafuso a adoptar de acordo com informações do fabricante a confirmar por ensaios.

Não pareceu razoável usar parafusos de diâmetro superior a 4,5 mm e o fabricante garantiu que seria possível obter com esses parafusos resistências ao arrancamento da ordem dos 300 ou 400 N. Foi assim decidido ensaiar estes parafusos para confirmar esses valores e "tentar" respeitar os valores de desempenho exigidos no ETAG/IPS. O comprimento do parafuso (25 mm) foi definido como sendo o mínimo possível existente no mercado dado que as placas de MDF só têm 10 mm para "segurar" o parafuso.

Relativamente à suspensão de cargas excêntricas em zona reforçada para o efeito foram especificados os reforços a sentimento. Seriam avaliados por ensaio os valores das cargas admissíveis para esses reforços. É importante referir que a aptidão do sistema para suspender cargas excêntricas não é obrigatória ao nível do ETAG/IPS devendo o fabricante indicar os dispositivos de reforço e a respectiva classe de uso prevista para o sistema e/ou (no caso de não estarem previstos reforços) os valores da classe de uso aplicável ao sistema em zona corrente.

Usaram-se parafusos POZIDRIVE 6,0 / 100 na fixação de peças de pinho com a secção de 47 x 80 destinadas a materializar o reforço.

Na fixação dos utensílios de suspensão de cargas previstos nas normas de ensaio de carga excêntrica previram-se parafusos 6,0 / 60 que permitiriam, em princípio, atingir a resistência necessária para assegurar a classe de uso mais elevada (suspensão de carga de 4000 N). A figura 6.8 refere os valores de resistência a assegurar por cada parafuso.[18]

j) Solução para reserva técnica (desenho 15)

Embora saia fora do âmbito da investigação o estudo da forma de incorporar no sistema as diversas instalações pensou-se numa solução para a incorporação de instalações a partir dos pavimentos ou tecto. Admitiu-se assim que o sistema tal qual foi concebido não permite a incorporação de tubagens ou equipamentos[19] pelo que estes deverão andar numa "reserva" especialmente criada para o efeito.

A filosofia de fixação superior e inferior da "reserva técnica" é análoga à do painel corrente.

6.5.5 Outros aspectos que foram objecto de análise

Efectuou-se ainda a análise de outros aspectos importantes relacionados com a especificação do sistema MADLEVE.

---

[18] A publicação [141] prevê para esta situação uma força de arrancamento superior a 3600 N o que é superior aos 1000 N necessários.

[19] Essa incorporação implicaria furar os prumos verticais e logo enfraquecê-los de uma forma que implicaria a realização de ensaios de verificação da resistência.

Faz-se uma descrição sumária da investigação efectuada nos parágrafos seguintes.

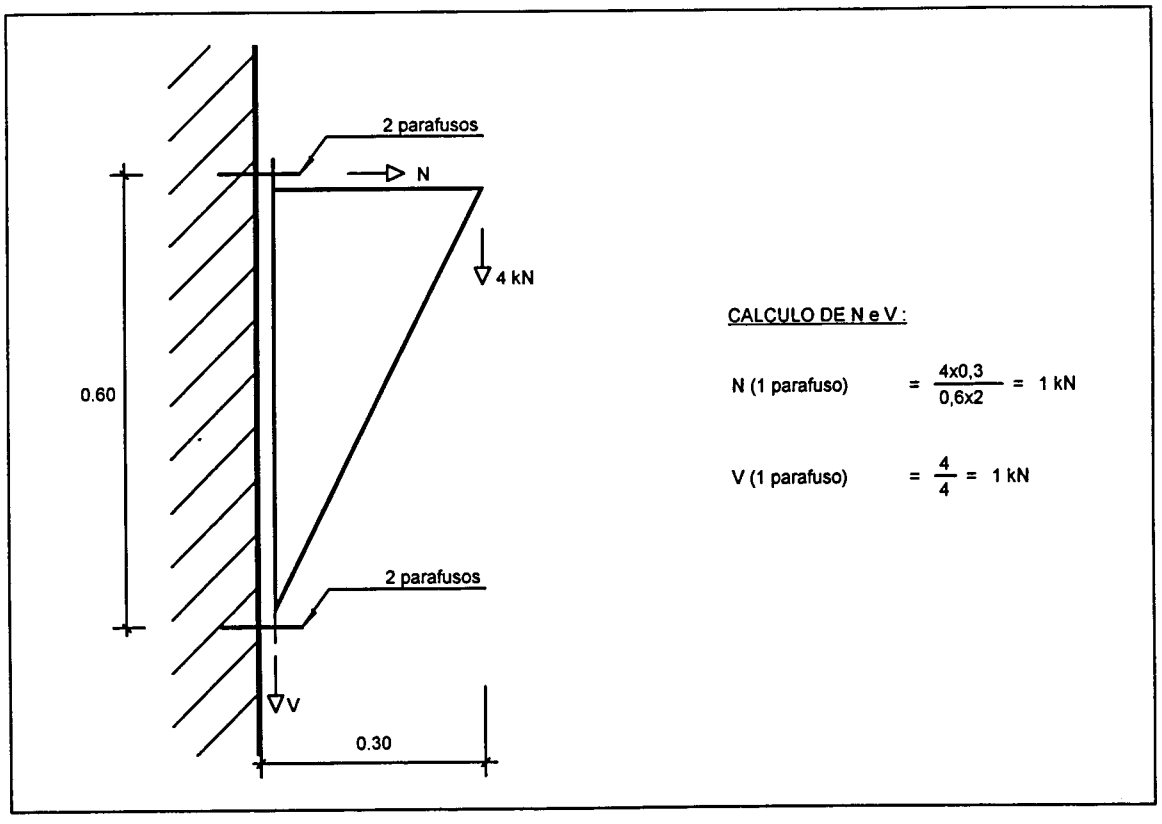


Figura 6.8 - Identificação do esforço sobre os parafusos usados na suspensão da carga de 4000 N

6.5.5.1 Tratamento de preservação

Foi feita a pesquisa sobre as normas europeias existentes com vista a decidir se a madeira de pinho a utilizar e as placas de MDF deveriam ou não ser objecto de tratamento de preservação.

Consultaram-se as normas NP EN 335-2 (94) [162], EN 335-3 (94) [112], NP EN 460 (94) [161] e EN 350-2 (94) [115]. Consultaram-se ainda as normas [113], [114] e [117] que não são formalmente referidas na análise que se segue.

A decisão sobre a aplicação do tratamento de preservação baseia-se na avaliação dos seguintes factores:

- Classes de risco biológico associados às especifidades do uso a que se destina o produto definidos na NP EN 335-2 para a madeira maciça e EN 335-3 para os derivados de madeira;

- Durabilidade natural das diversas espécies de madeira (referidas as classes de durabilidade na NP EN 350-2);

No caso particular do sistema MADLEVE a situação é a seguinte:

- Classe de risco biológico 1 (a menos severa);
- Classe de durabilidade de madeira de pinho 4 para fungos e susceptível para insectos.

A norma NP EN 460 define que para a classe de risco biológico 1 ("situação na qual a madeira ou os produtos derivados estão sob coberto ou abrigados das intempéries e não expostos à humidificação") não é necessário tratamento preservador. De notar que a norma NP EN 335-2 define sub-classes de risco biológico associadas ao risco de contaminação por insectos. A mesma norma indica que nas zonas onde o risco de contaminação por insectos do tipo térmitas ou caruncho for muito elevado é aconselhável um tratamento preservador superficial. A sub-classe designa-se nessas casos respectivamente 1t e 1c, ou 1ct quando o risco de contaminação pelos dois tipos de insecto existe simultaneamente.

No caso do sistema MADLEVE aplicar-se-á em geral a classe 1 pelo que não é necessário realizar tratamento preservador[20].

6.5.5.2 Acabamento das placas de MDF

Não faz parte do âmbito deste trabalho o estudo exaustivo dos materiais disponíveis no mercado com vista ao seu aproveitamento para obter diferentes soluções de acabamento para o sistema MADLEVE.

Esse estudo poderia ainda envolver a decisão sobre o tipo de fixação das placas (pregos ou parafusos, tipo e localização), o tipo de acabamento (pintado, envernizado, revestido a resinas termoendurecíveis) e o local da sua aplicação (fábrica ou obra).

O sistema MADLEVE foi pensado para acabamento pintado a aplicar em obra sobre placas correntes sem qualquer tipo de tratamento. Concebeu-se um esquema de pintura lacada para averiguar a respectiva relação preço/qualidade, já que não é uma solução de utilização corrente e os resultados obtidos dariam informação útil aos industriais do sector.

O MDF é um material muito sensível à humidade. Atendendo às grandes dimensões das placas e à sua pequena espessura e conforme aconselhado na publicação [141] foi especificada a aplicação em oficina de um tratamento "selante" a dar às placas de MDF. Esse tratamento deverá ser aplicado como base de qualquer esquema de pintura.

No caso concreto das pinturas lacadas esse tratamento é inclusive economicamente aconselhável para diminuir os consumos de tintas de acabamento, naturalmente mais caras.

---

(20) No caso de ser previsível um risco elevado de contaminação por térmitas ou caruncho o tratamento preservador é aconselhado.

6.5.5.3 Reacção ao fogo

Consultado o documento [222] verificou-se que o MDF é de classe M4. A aplicação do sistema MADLEVE em locais onde existam exigências de desempenho superiores não é possível.

Estudou-se a possibilidade de aplicar sobre o MDF pinturas intumescentes (produtos de origem francesa representados em Portugal pela Sotinco) tendo-se concluído que a aplicação em obra dos produtos é economicamente incomportável.

Averiguou-se que é possível obter placas de MDF aditivadas com produtos ignífugos que poderão no limite permitir obter placas de classe M1 (existem placas M1 disponíveis no mercado francês).

CAPÍTULO 7

AVALIAÇÃO DO SISTEMA MADLEVE

7.1 Avaliação técnica do sistema MADLEVE

7.1.1 Âmbito e objectivos da avaliação

Concluída a concepção do sistema MADLEVE dentro dos limites definidos para a investigação a efectuar passou-se à fase de avaliação do sistema.

No sub-capítulo 5.3 apresenta-se um "plano de avaliação da qualidade de sistemas de divisórias leves prefabricadas não resistentes" considerando três níveis de pormenorização sucessivamente crescentes:

- num primeiro nível considerando apenas o ETAG/IPS;
- num segundo nível considerando além do ETAG/IPS as Directivas comuns UEAtc para a homologação de divisórias leves;
- num terceiro nível considerando, além do ETAG/IPS e das Directivas UEAtc, a norma ISO 7360.2.

A avaliação técnica do sistema MADLEVE foi realizada com base no plano de avaliação considerado ao nível do ETAG/IPS.

Apresentam-se em seguida os principais resultados obtidos.

7.1.2 Descrição das campanhas de ensaios efectuadas sobre protótipos do sistema MADLEVE

7.1.2.1 Cronologia

Os aspectos fundamentais a avaliar no desempenho do sistema MADLEVE relacionavam-se com exigências que deveriam ser avaliadas por ensaios.

Foi assim necessário preparar dois protótipos a utilizar nos ensaios, um para os ensaios mecânicos e outro para os ensaios de isolamento sonoro.

A especificação técnica do sistema ficou pronta em Fevereiro de 1994.

Os protótipos foram fabricados pela empresa Alberto Martins Mesquita & Filhos, Lda. na sua unidade de produção da Maia. O processo de preparação da obra e aprovisionamento iniciou-se em Março de 1994 tendo os protótipos sido fabricados em Agosto de 1994.

Os dois protótipos foram montados no LNEC no dia 7 de Setembro de 1994.

O protótipo que iria ser sujeito aos ensaios mecânicos foi pintado em 13 de Setembro de 1994.

Os ensaios de choques foram realizados entre 15 de Setembro e 3 de Outubro de 1994.

O protótipo destinado à realização dos ensaios de isolamento sonoro aos sons aéreos foi fabricado originalmente com ligeiras deficiências que adiante se referem (ver 7.1.2.5).

Sobre este provete foram realizados ensaios entre 29 de Setembro e 25 de Outubro de 1994.

O provete recebeu a designação de "Provete 1".

Em 9 de Novembro de 1994 procedeu-se às correcções ao protótipo com vista a eliminar os defeitos atrás citados. Procedeu-se também nessa data à pintura da face sujeita ao som emissor.

O novo provete recebeu a designação de "Provete 2".

Em 16 e 17 de Novembro de 1994 realizou-se sobre o Provete 2 uma nova campanha de ensaios em tudo análoga à primeira campanha de ensaios.

Em 15 de Fevereiro de 1995 o "Provete 2" foi desmontado.

Avaliados os resultados do desempenho acústico dos Provetes 1 e 2 foi decidido em Maio de 1995 realizar uma terceira campanha de ensaios aproveitando o facto de o protótipo ser desmontável.

A terceira campanha de ensaios foi realizada de 18 a 24 de Outubro de 1995.

Em 24 de Outubro de 1995 o provete foi novamente desmontado.

7.1.2.2 Fabrico dos Protótipos

As figuras 7.1 e 7.2 apresentam esquematicamente os protótipos fabricados.

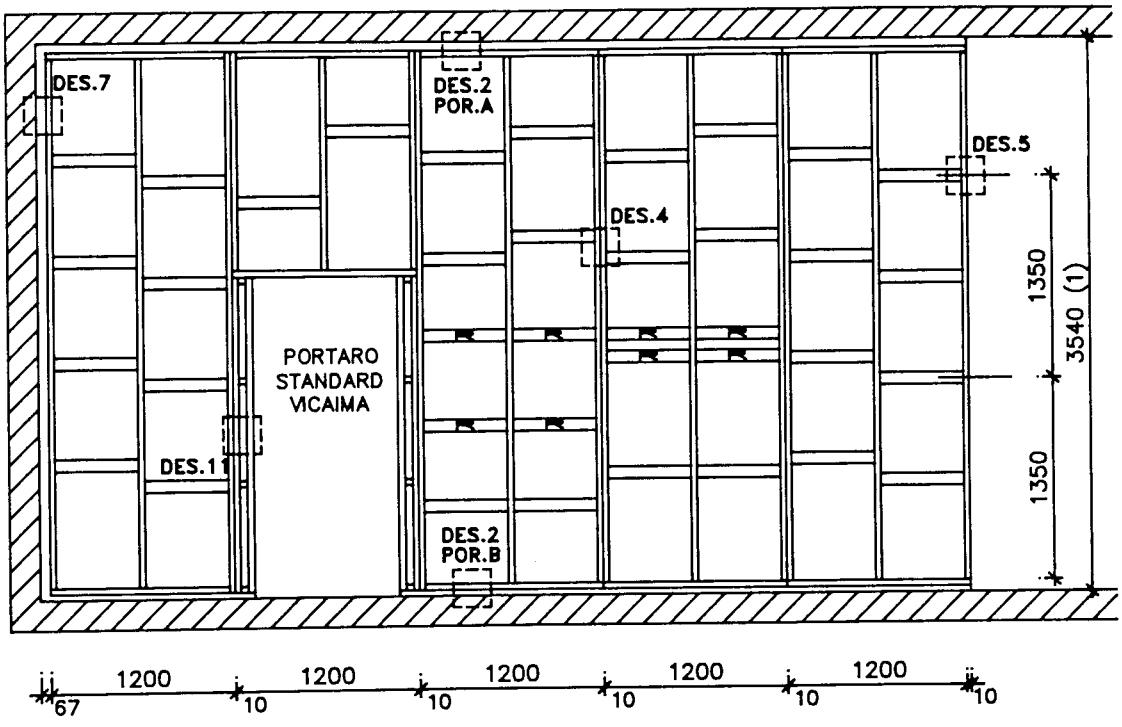
O protótipo a utilizar nos ensaios mecânicos foi concebido de acordo com as exigências previstas no ETAG/IPS (ver figura 7.1).

Foi necessário fabricar um provete com 4 módulos correntes (M1, M2, M3 e M4), um módulo de porta (P) e um módulo de acerto (A).

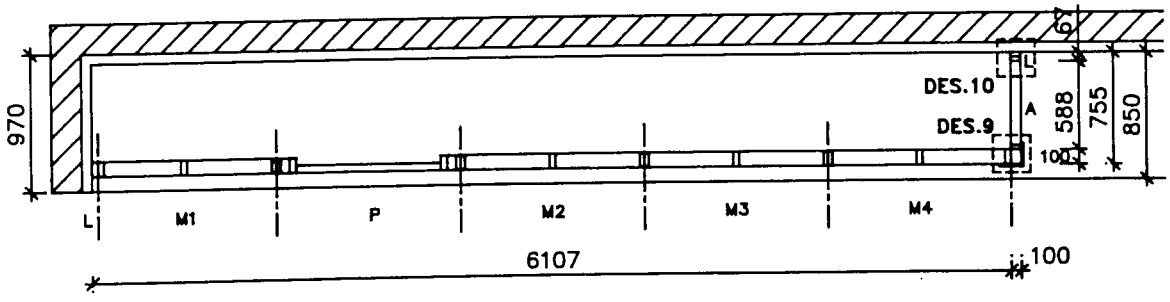
A altura de cada módulo foi definida em função do pé direito da "câmara de ensaios de choque" existente no LNEC. Esta altura condicionou ligeiramente a validação de altura máxima do sistema, dado que o valor máximo de pé direito previsto pelo sistema é de 3.70 m e a câmara do LNEC só tem um pé direito livre de 3.54 m.

Para o provete destinado aos ensaios de choques foi ainda necessário fabricar soleiras, frechais e montantes para a esquadria envolvente e acessórios de ligação à parede rígida (dois fechos laterais L) e de ângulo saliente/reentrante na ligação entre M4 e A.

O protótipo a utilizar nos ensaios de isolamento sonoro foi fabricado tendo em conta as dimensões do vão existente na "Câmara Reverberante" do LNEC (ver figura 7.2).



ALÇADO (ESC. 1/50)



CORTE HORIZONTAL (ESC. 1/50)

LEGENDA:

M1, M4 – Módulo Corrente
M2, M3 – Módulo Corrente com reforço para cargas excentricas
A – Módulo de Acerto
L – Fecho Lateral
P – Módulo de Porta
R – Reforço

NOTAS:

1) rígido a rígido (pé direito)
2)todas as medidas são pela face exterior dos elementos

Cotas e dimensões das peças em milímetros

Figura 7.1 - Geometria do provete usado nos ensaios mecânicos

Foi necessário fabricar dois módulos correntes (M5 e M6) e um módulo de acerto (A). O pé direito do módulo foi definido de modo a permitir o ajuste perfeito aos limites da câmara de ensaios do LNEC.

Foi ainda necessário fabricar frechais e montantes para a esquadria periférica e acessórios para dois fechos laterais.

No fabrico do módulo de acerto do provete destinado aos ensaios acústicos as placas de MDF foram cortadas erradamente pelo que o provete não ficou perfeito (ver figura 7.47). Foi assim necessário preparar posteriormente mais duas placas, cortadas de forma correcta, para permitir ter o provete de acordo com o especificado.

Verificou-se ainda durante a montagem que a largura do vão tinha sido alterada com as obras associadas ao provete anterior (passou de 3.46 m para 3.50 m) o que facilitou a montagem dos módulos mas piorou a estanquidade ao ar do provete (e logo o seu desempenho acústico) dado que a diferença de 4 cm teve de ser absorvida ao nível das juntas entre painéis e nos dois fechos laterais (L).

As figuras 7.3 a 7.12 documentam muito genericamente algumas operações realizadas com vista ao fabrico dos painéis a incorporar nos provetes do sistema.

As figuras 7.3 e 7.7 representam aspectos da montagem das peças interiores de travação dos montantes e destinadas também à fixação das placas de lã de vidro.

De notar a colocação de peças de gabarito alinhadas ao longo dos montantes e destinadas a permitir rigor no posicionamento das peças de travação e a utilização de pré-furação na preparação da pregagem das peças.

As figuras 7.5 e 7.6 representam pormenores do trabalho de preparação das placas de MDF usadas no fabrico dos painéis.

De referir também a extrema flexibilidade das placas bem documentada na figura 7.5 e a facilidade em obter placas com dimensões bem precisas devido ao tipo de cortes (a direito) a efectuar.

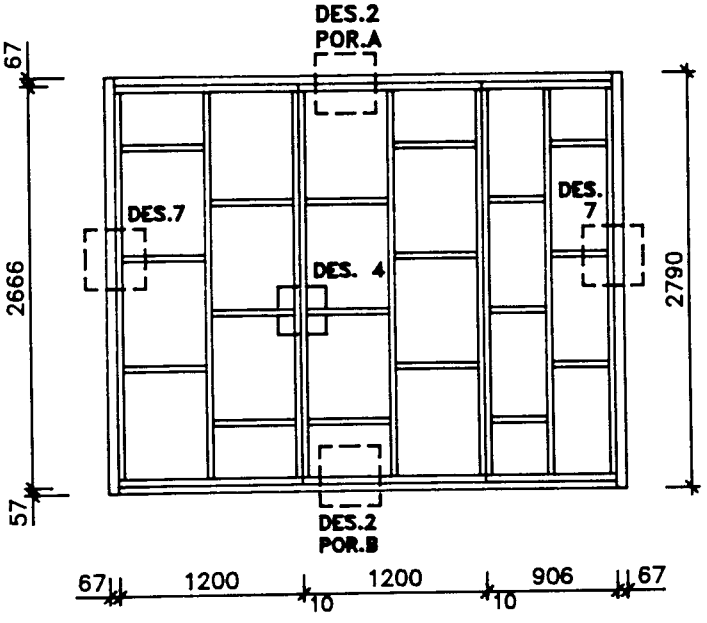
As figuras não documentam duas operações importantes a efectuar sobre as placas de MDF:

- a pintura com selante nas duas faces, aplicada à pistola conforme especificação técnica;

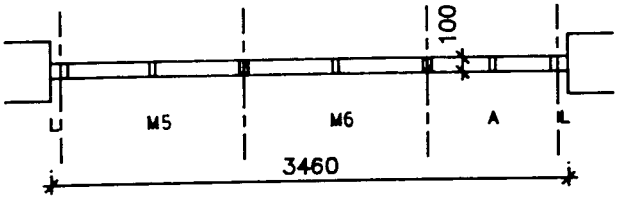
- os cortes nas juntas verticais executados na tupia para respeitar os pormenores de junta.

A figura 7.8 apresenta um pormenor de pregagem pneumática das placas de MDF. Esta pregagem é efectuada sem pré-furação mas com pré-marcação prévia da localização do alinhamento dos furos. A distância entre pregagens é controlada "a sentimento" pelo operador.

As figuras 7.4 e 7.9 apresentam pormenores da fixação das placas de lã de vidro. Estas são cortadas à faca para ajustar à dimensão da grade e agrafadas aos suportes de pinho com agrafos 84/14.



ALÇADO (ESC. 1/50)



CORTE HORIZONTAL (ESC. 1/50)

LEGENDA:

M – Módulo–Base
A – Módulo de Acerto
L – Fecho Lateral

NOTA:

1) todas as medidas são pela face exterior dos elementos (grades, placas ou vão existente)

Cotas e dimensões das peças em milímetros

Figura 7.2 - Geometria do provete usado nos ensaios acústicos

Finalmente as figuras 7.10, 7.11 e 7.13 apresentam os módulos produzidos prontos a expedir para montagem em obra.

7.1.2.3 Montagem do protótipo para ensaios mecânicos

As figuras 7.12, 7.14 a 7.22 e 7.24 documentam as principais operações efectuadas com vista à montagem do protótipo do sistema MADLEVE a usar nos ensaios de choque.

A figura 7.12 apresenta uma vista de uma soleira e de um montante do protótipo na altura em que se procede ao correcto posicionamento do montante.

A figura 7.14 representa um pormenor do corte com serra tico-tico da abertura para módulo de porta realizada sobre a placa de MDF a aplicar em obra. Esta foi transportada não cortada por questões de segurança (os cantos poderiam partir durante a carga, descarga e manuseamento para montagem).

A figura 7.15 representa a operação de furação do suporte para fixação de buchas e parafusos da esquadria envolvente.

A figura 7.16 apresenta o protótipo após montagem do módulo M1.

A figura 7.17 representa a colocação do módulo de porta.

A figura 7.18 representa a montagem do módulo M2. Este é colocado sobre a soleira e empurrado até encostar no módulo de porta que é visível à esquerda da fotografia.

A figura 7.19 representa o ajuste dos painéis M2 e M3 após a colocação de M3. Nesta fotografia são visíveis os reforços para carga excêntrica colocados em M2 e em M3.

A figura 7.20 representa um pormenor do ângulo saliente/reentrante existente no provete. É bem visível o prumo de lamelado colado de pinho. De notar a folga existente na base associada à deficiente avaliação da espessura da junta entre painéis (foi projectado o valor de 10 mm tendo-se obtido em obra uma média de 15 mm).

A figura 7.21 representa o acerto nas placas de MDF a pregar pneumaticamente em obra. De notar a utilização de um gabarito na base da placa para permitir o correcto posicionamento e verticalidade da junta entre placas.

A figura 7.22 representa um pormenor da pregagem pneumática das placas.

Finalmente a figura 7.24 representa o aspecto final do provete após a conclusão da montagem. De notar a cor escura das placas de MDF associada à aplicação de protecção selante dada em oficina.

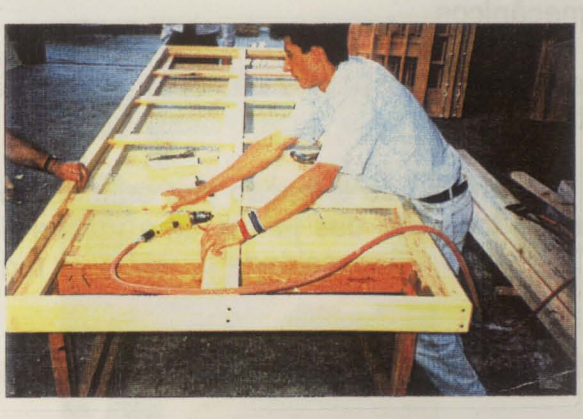


Figura 7.3 - Pré-furação de peças de pinho

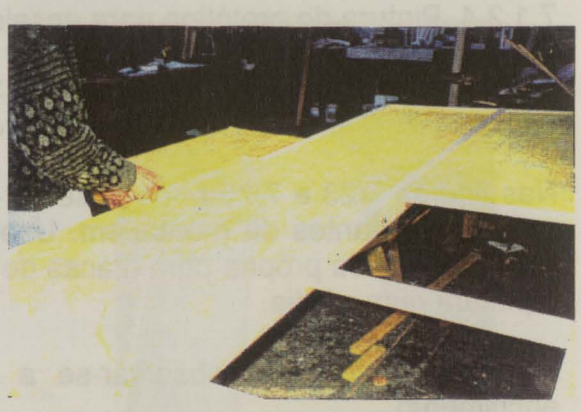


Figura 7.4 - Corte das placas de fibra de vidro

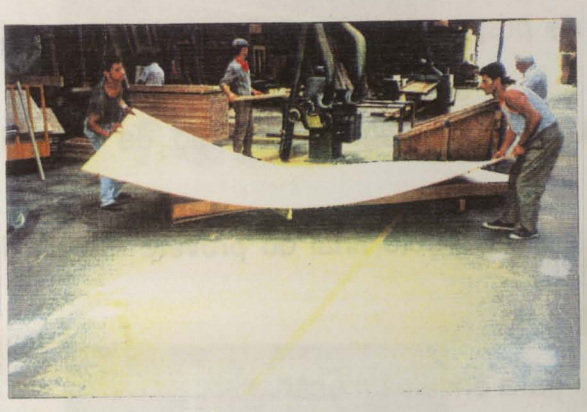


Figura 7.5 - Manuseamento das placas de MDF (sem selante)



Figura 7.6. - Corte das placas de MDF



Figura 7.7 - Montagem de grade de pinho

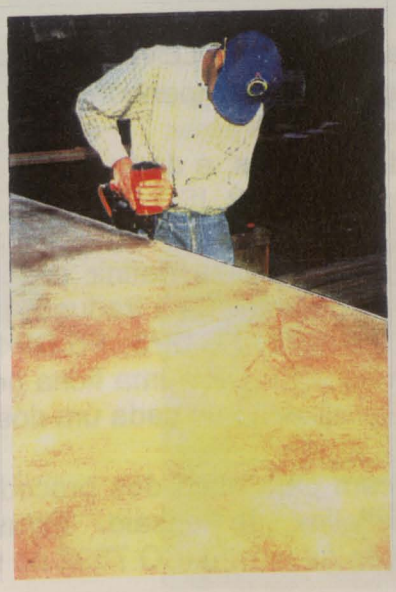


Figura 7.8 - Pregagem pneumática das placas de MDF



Figura 7.9 - Vista de um módulo corrente antes de pregar as últimas placas de lã de vidro

7.1.2.4 Pintura do protótipo para ensaios mecânicos

As figuras 7.23, 7.25 a 7.27 e 7.29 a 7.31 apresentam aspectos das operações mais importantes realizadas na pintura do protótipo.

Nas figuras 7.23 e 7.25 pode observar-se a operação de tomação dos orifícios dos pregos resultantes da montagem. Usou-se na tomação das juntas uma massa de secagem rápida própria para placas de MDF devido à necessidade de efectuar toda a pintura num só dia.

Na figura 7.26 pode observar-se a aplicação da primeira demão de tinta de enchimento.

Na figura 7.27 apresenta-se a lixagem da primeira demão de tinta para permitir a aderência da segunda demão de acabamento.

Na figura 7.29 apresenta-se um aspecto de preparação das tintas de acabamento (de dois componentes).

Na figura 7.30 pode observar-se a aplicação da segunda demão de tinta de acabamento.

Finalmente na figura 7.31 pode observar-se o aspecto final do provete depois de pintado.

7.1.2.5 Ensaios realizados sobre o provete para ensaios mecânicos

Sobre o provete preparado para ensaios mecânicos foram realizados oito ensaios que constam dos Boletins de ensaio n^{os} 209/94 - NCCt, 210/94 - NCCt, 211/94 - NCCt, 212/94 - NCCt, 213/94 - NCCt, 214/94 - NCCt, 215/94 - NCCt e 216/94 - NCCt do LNEC. Os Boletins de ensaio estão compilados no relatório do LNEC:

- "Sistema de divisórias leves MADLEVE - especificação técnica e campanha de ensaios de avaliação do desempenho" [12].

Para facilitar a realização dos ensaios, e dado que as especificações de ensaios a seguir (referidas nas normas ISO 7892, ISO DIS 7893, ISO DIS 8413, BS 5234.2, e no Guia EOTA ETAG/IPS) só existiam em língua inglesa preparou-se um conjunto de nove fichas de ensaio destinadas a definir os procedimentos a respeitar na realização dos ensaios. Preparou-se ainda a tradução da norma ISO 7892. As fichas foram numeradas FE.DP1, FE.DP2, FE.DP3, FE.DP4, FE.DP5, FE.DP6, FE.DP7, FE.DP8 e FE.DP9, sendo a ficha FE.DP1 uma ficha geral e as restantes oito fichas os documentos seguidos na realização de cada um dos oito ensaios.

As referidas fichas especificam para além dos procedimentos de ensaio as regras de preenchimento dos Boletins de ensaio. Estas fichas foram compiladas conjuntamente com a tradução da norma ISO 7892 no relatório do LNEC:

- "Divisórias leves prefabricadas. Ensaios de choque e de cargas suspensas - Fichas de ensaio" [11].

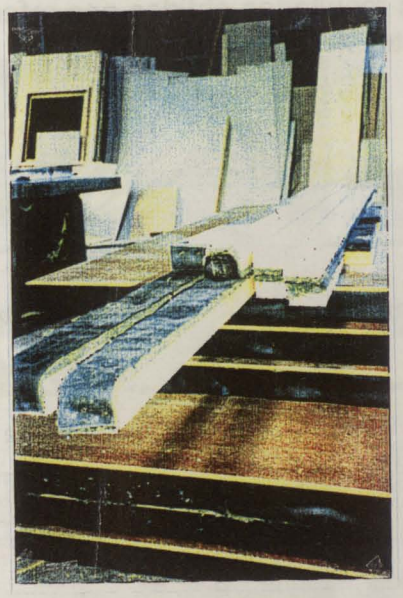


Figura 7.10 - Aspecto das peças de esquadria revestidas a PKB2 agrafado

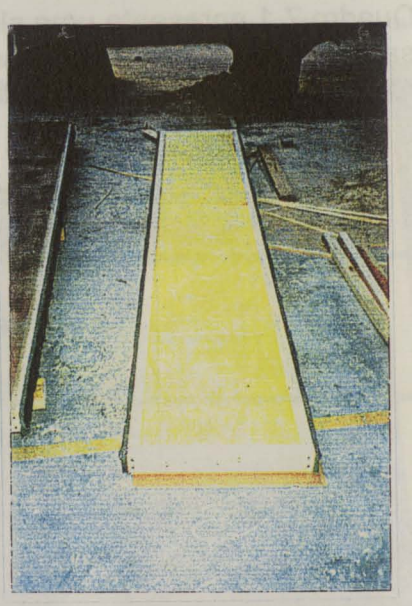


Figura 7.11 - Aspecto do módulo de acerto do provete usado nos ensaios mecânicos

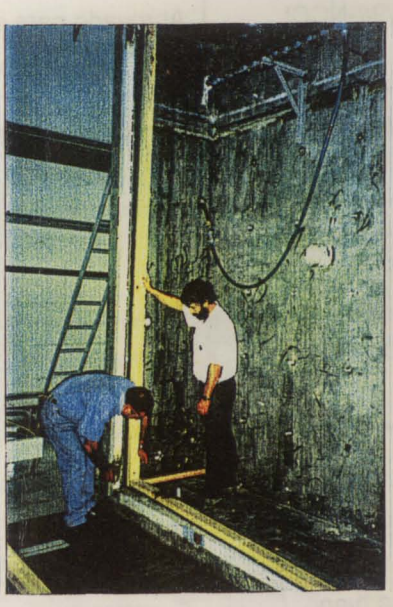


Figura 7.12 - Posicionamento de um montante de bordadura periférica

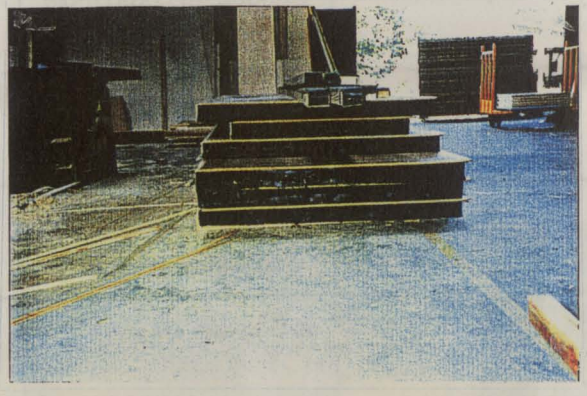


Figura 7.13 - Aspecto de parte dos painéis e peças de esquadria (vistos pelo topo superior)

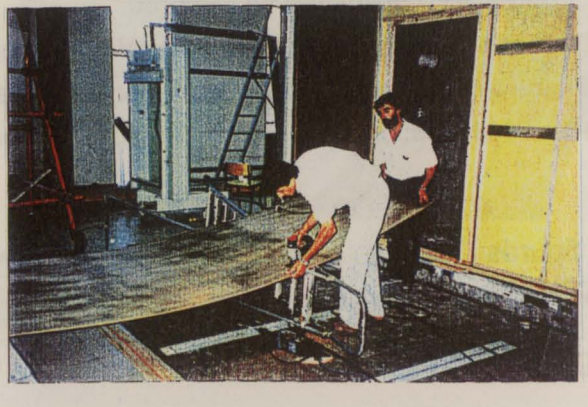


Figura 7.14 - Corte em obra da abertura sobre placa de MDF para módulo de porta

O Quadro 7.1 apresenta uma síntese dos principais resultados obtidos nos referidos ensaios. Apresenta-se no sub-capítulo seguinte (7.1.3) uma análise mais aprofundada dos resultados obtidos.

Quadro 7.1 - Ensaios de choque e de cargas suspensas - Síntese de resultados

Exigência [1]	Ensaio	Boletim de ensaio	Resultado obtido
4	Choque de corpo mole de 50 kg	209/94-NCCt	Aprovado para a classe de 400 Nm
4	Choque de corpo duro de 1 kg	210/94-NCCt	Aprovado (10 Nm)
4	Carga vertical excêntrica suspensa	213/94-NCCt	Aprovado para a classe de 4000 N [2]
7	Choque de corpo mole de 50 kg	211/94-NCCt	Aprovado (100 Nm)
7	Choque de corpo duro de 0,5 kg	212/94-NCCt	Aprovado para a classe de 6 Nm
7	Carga vertical excêntrica suspensa	214/94-NCCt	Aprovado para a classe de 2000 N [2]
7	Arrancamento	215/94-NCCt	Aprovado [3]
7	Suspensão de carga em zona corrente	216/94-NCCt	Aprovado para a classe de 500 N

[1] - Exigência 4 - " Segurança na utilização " ;
Exigência 7 - " Outros aspectos da aptidão ao uso " .

[2] - Em zona reforçada para efeito de suspensão de cargas.

[3] - Para 700 N com parafusos 4,5/25 e 1250 N para parafusos 6,0/60.

As figuras 7.28 e 7.32 a 7.41 apresentam diversos pormenores dos ensaios efectuados.

A figura 7.28 refere-se ao ensaio descrito no Boletim de ensaio nº 215/94 - NCCt.

A figura 7.32 refere-se ao ensaio descrito no Boletim de ensaio nº 211/94 - NCCt.

A figura 7.33 refere-se ao ensaio descrito no Boletim de ensaio nº 216/94 - NCCt.



Figura 7.15 - Furação para fixação de frechal



Figura 7.16 - Montagem do módulo M1

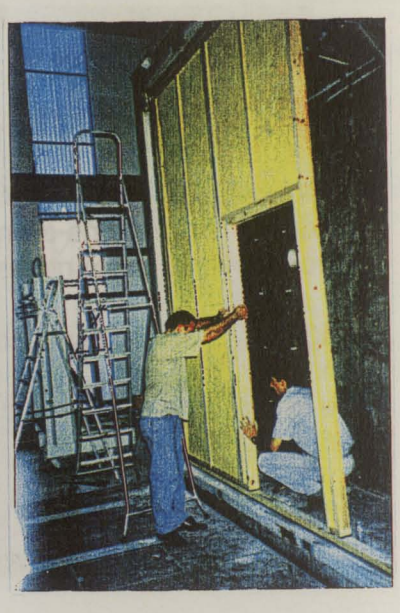


Figura 7.17 - Montagem do módulo de porta



Figura 7.18 - Montagem do módulo M2



Figura 7.19 - Aspecto dos reforços para carga excêntrica existentes no módulo M2 (esquerda) e M3 (direita)



Figura 7.20 - Aspecto do prumo de ângulo

A figura 7.34 refere-se ao ensaio descrito no Boletim de ensaio nº 210/94 - NCCt.

A figura 7.35 refere-se ao ensaio descrito no Boletim de ensaio nº 214/94 - NCCt.

A figura 7.36 refere-se ao ensaio descrito no Boletim de ensaio nº 213/94 - NCCt.

As figuras 7.37, 7.38 e 7.40 apresentam pormenores do sistema de aquisição de dados e instrumentos de medida montados para medir as deformações do tardoz do muro que ocorreram na sequência dos choques efectuados.

A figura 7.39 refere-se ao ensaio de carga excêntrica de segurança realizado em zona corrente e que é descrito no Boletim de ensaio nº 213/94 - NCCt. Confirmou-se que o sistema não tem aptidão para suspender cargas em zonas não reforçadas para esse efeito.

A figura 7.41 apresenta um aspecto do ensaio mais "difícil" a que o provete foi sujeito. O Boletim de ensaio nº 209/94 - NCCt descreve esse ensaio.

7.1.2.6 Desmontagem do protótipo usado nos ensaios mecânicos

Inicialmente tinha sido prevista a desmontagem dos provetes recorrendo a duas possibilidades alternativas:

- deslizando os painéis ao longo da soleira sem retirar a placa pregada em obra;

- despregando a placa colocada em obra de modo a permitir retirar os painéis pela ordem inversa em que tinham sido montados.

Constatou-se na prática que a pregagem pneumática garante (devido aos pregos serem denteados) uma resistência ao arrancamento de tal forma elevada que torna difícil o arranque da placa sem que esta seja danificada em muitos locais.

Atendendo à necessidade de realizar a desmontagem do provete de uma forma muito rápida decidiu-se inutilizar as placas pintadas em obra para permitir a desmontagem dos módulos sem despregar as placas (estas seriam posteriormente despregadas na fábrica).

A desmontagem foi assim efectuada nas seguintes fases:

- 1) começou-se por despregar as peças da junta (ângulos salientes, ângulos reentrantes, remates com ligação rígida, remates de tecto e remates de pavimento); tentou-se, na medida do possível, não partir as peças de remate para as poder reaproveitar em futuras montagens;

- 2) retiraram-se então os prumos de ângulo desaparafusando os parafusos tipo "Tirefond";

- 3) com a ajuda de uma serra tipo tico-tico cortou-se uma tira de placa de MDF na zona inferior do painel M4;

- 4) após cortar a tira, foi possível retirar o painel pela outra face;



Figura 7.21 - Acerto das placas de MDF a colocar em obra



Figura 7.22 - Pregagem pneumática de placas



Figura 7.23 - Aspecto dos orifícios causados pela pregagem após tomação

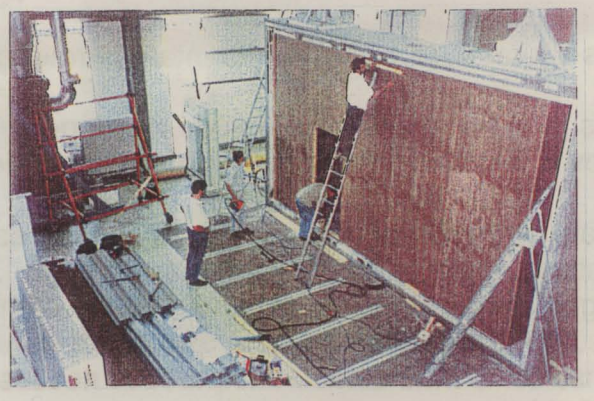


Figura 7.24 - Aspecto do provete após conclusão da montagem

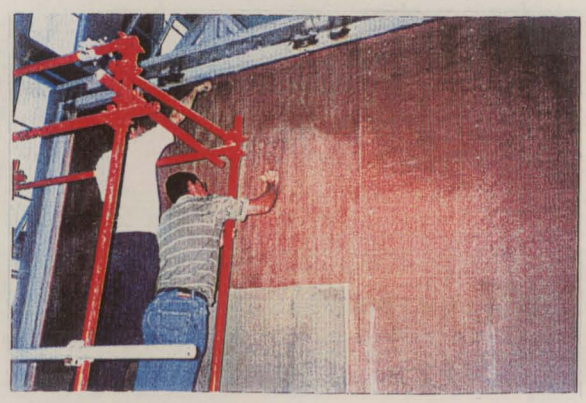


Figura 7.25 - Aspecto da tomação dos orifícios resultantes da pregagem

- 5) as placas de MDF cortadas na desmontagem não poderão ser reaproveitadas e deverão ser despregadas em oficina para futuro reaproveitamento das grades;

- 6) repetiu-se a operação 4) para os restantes painéis (cortar tira de placa, retirar painel e retirar tira solta de resiliente);

- 7) o último painel a sair foi o painel M1; a desmontagem do painel de porta só foi efectuada depois de ser colocada uma travação da grade ao nível da base da porta de modo a defender o aro da porta de quaisquer variações dimensionais e esforços mecânicos associados ao seu manuseamento e transporte;

- 8) desaparafusou-se então toda a esquadria envolvente e a desmontagem ficou terminada.

As figuras 7.42 e 7.43 apresentam pormenores da desmontagem efectuada.

7.1.2.7 Montagem e desmontagem de protótipo usado nos ensaios acústicos

7.1.2.7.1 Primeira campanha de ensaios (Provete 1)

As figuras 7.44 a 7.47 apresentam pormenores da montagem efectuada.

Os procedimentos seguidos na montagem destes provetes foram em tudo análogos aos utilizados na montagem dos provetes destinados aos ensaios de choque.

Não foram tomados quaisquer cuidados especiais no sentido de garantir uma boa estanquidade ao ar do provete montado. Além disso, nos pontos de fixação das vigas de bordadura, as paredes da câmara encontravam-se em bastante mau estado de conservação o que pode ter prejudicado os resultados obtidos nos ensaios. O mau estado das paredes nesses locais é bem evidente nas figuras acima referidas.

Pode observar-se na figura 7.46 a colocação de tira de material resiliente PKB2 no topo dos painéis. Esta colocação é efectuada antes da pregagem das placas montadas em obra.

Na pregagem das placas de obra foi usada pregagem pneumática e manual para averiguar as implicações no grau de dificuldade de desmontagem das placas. Uma das placas foi pregada pneumaticamente e as outras duas foram pregadas manualmente.

Como já atrás se referiu o fabrico do painel de acerto saiu errado sendo necessário fabricar quatro novas placas para corrigir o erro (duas para o painel de acerto e duas para as placas pregadas em obra de que não havia a garantia de retirada sem estragos).



Figura 7.26 - Aspecto da aplicação da primeira demão



Figura 7.27 - Lixagem da primeira demão para permitir aderência da demão de acabamento

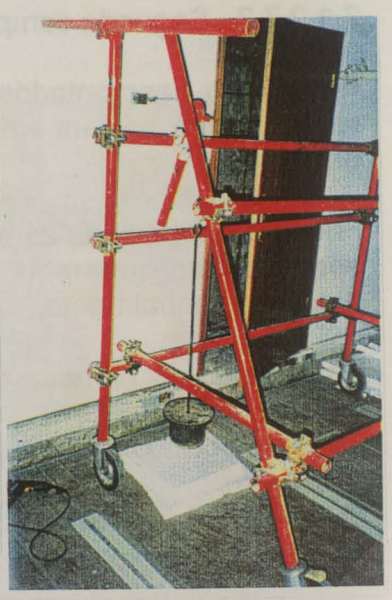


Figura 7.28 - Ensaio de arrancamento em zona corrente (250 N)

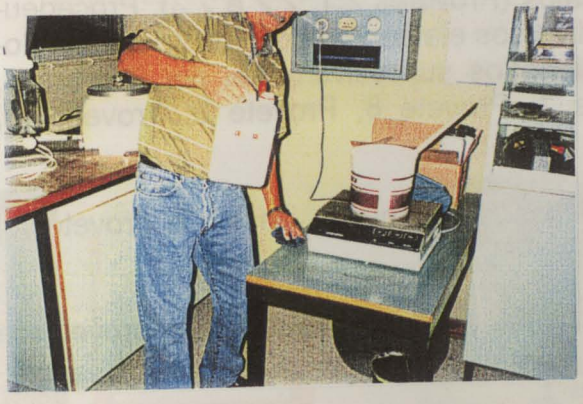


Figura 7.29 - Preparação da tinta de acabamento



Figura 7.30 - Demão final de acabamento

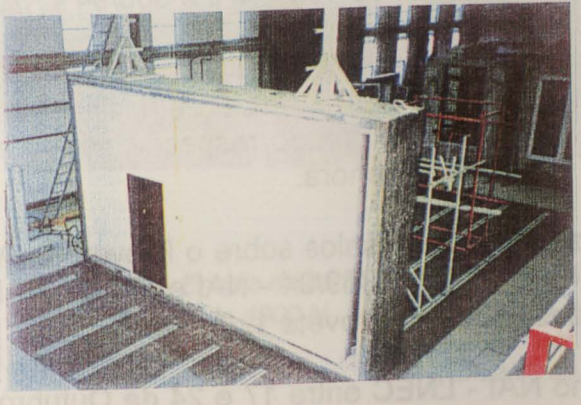


Figura 7.31 - Aspecto final do provete pintado

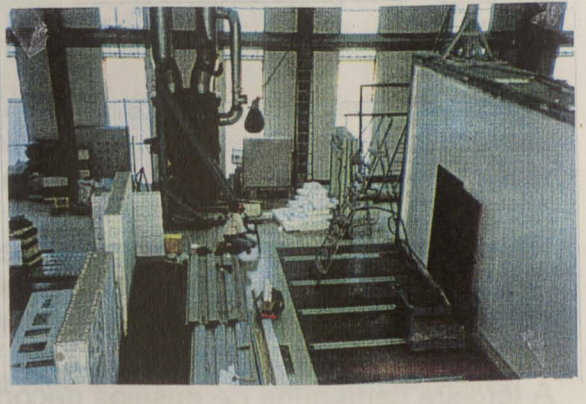


Figura 7.32 - Ensaio de choque de corpo mole de 50 kg

7.1.2.7.2 Segunda campanha de ensaios (Provete 2)

Não foram desmontados os painéis. Foram despregadas as três placas do lado receptor (que haviam sido pregadas em obra) e a placa do lado emissor do painel de acerto.

Foram então fixadas as quatro novas placas. As três placas no lado receptor foram aparafusadas para mais fácil desmontagem posterior. A placa do lado emissor foi pregada manualmente.

Os ensaios da primeira campanha tinham sido realizados sem esquadria no lado emissor. Para a segunda campanha de ensaios colocou-se no lado emissor uma esquadria de madeira de pinho em todo o perímetro do provete.

O provete foi desmontado por ordem inversa de montagem.

7.1.2.7.3 Terceira campanha de ensaios (Provetes 2.1 a 2.3 e 3 a 12)

Repetiu-se a montagem da solução corrente do sistema MADLEVE (Provete 2). Realizou-se a montagem sem cuidados especiais.

Realizaram-se sobre este Provete três ensaios (Provetes 2.1, 2.2 e 2.3). Procedeu-se então à montagem e desmontagem de diversos elementos do Provete 2 obtendo-se novos Provetes que foram sendo designados sucessivamente por Provete 3, Provete 4, Provete 5, Provete 6, Provete 7, Provete 8, Provete 9, Provete 10, Provete 11 e Provete 12.

Sobre o Provete 8 realizaram-se dois ensaios. No segundo ensaio o provete foi designado Provete 8.1.

O Quadro 7.2 apresenta sinteticamente as características dos referidos provetes e os resultados obtidos nos ensaios (R_w).

7.1.2.8 Ensaios realizados sobre o protótipo para ensaios de isolamento sonoro

Na primeira campanha de ensaios realizaram-se dois ensaios sobre o Provete 1. A descrição dos ensaios consta dos Boletins de ensaio n^{os} 367/94 - NAI e 368/94 - NAI do LNEC (ver [12]).

Esses ensaios referem-se à avaliação em laboratório do índice de isolamento sonoro aos sons aéreos do sistema MADLEVE (R_w) recorrendo respectivamente a técnicas de pressão sonora e a técnicas de intensidade sonora.

Na segunda campanha de ensaios realizaram-se dois ensaios sobre o Provete 2. A descrição dos ensaios consta dos Boletins de ensaio n^{os} 369/94 - NAI e 370/94-NAI (ver [12]). São em tudo análogos aos realizados sobre o Provete 1.

A terceira campanha de ensaios decorreu no NAI - LNEC entre 17 e 24 de Outubro de 1995. O Provete foi montado inicialmente em condições análogas ao Provete 2.

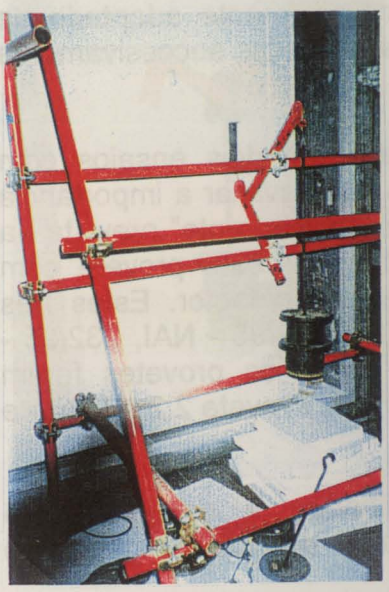


Figura 7.33 - Ensaio de carga vertical em zona corrente (500 N)



Figura 7.34 - Ensaio de choque de corpo duro de 1 kg



Figura 7.35 - Ensaio de carga excêntrica de 500 N

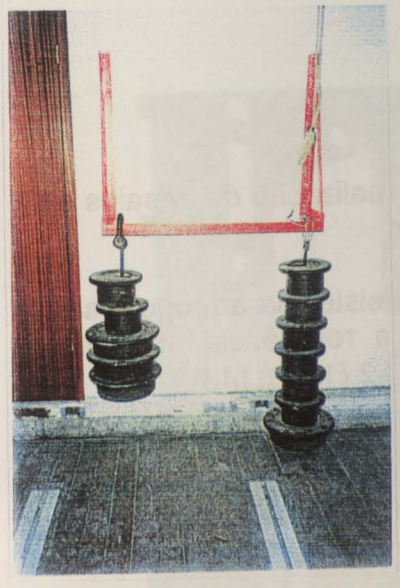


Figura 7.36 - Ensaio de carga excêntrica de 4000 N

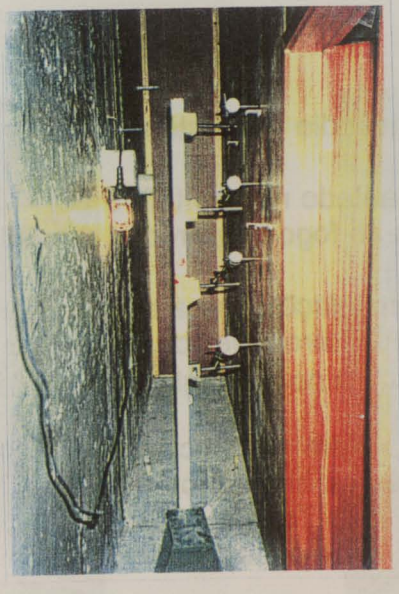


Figura 7.37 - Extensómetros montados para medir a deformação no tardoz do provete (Ensaios de carga excêntrica)

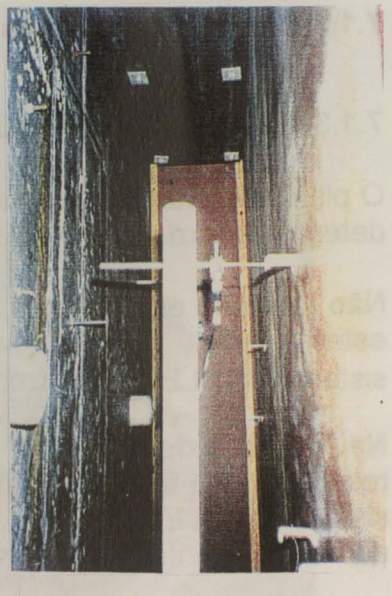


Figura 7.38 - Transdutor indutivo para leitura de deformações resultantes das acções dos corpos de choque

Na terceira campanha de ensaios não se realizaram ensaios usando sondas de intensidade sonora. Realizaram-se ensaios de acordo com a NP 669 recorrendo a técnicas de pressão sonora. O provete foi sendo sucessivamente adaptado de forma a realizar novos ensaios sobre divisórias com características sucessivamente diferentes.

Na terceira campanha de ensaios realizaram-se inicialmente dois ensaios com diferentes tempos de reverberação na câmara receptora para avaliar a importância da correcção associada à absorção sonora da "Câmara Reverberante" prevista na norma NP 669. Realizou-se ainda um terceiro ensaio sobre este provete com guarnição no local receptor para avaliar a importância desse factor. Estes três ensaios encontram-se descritos nos Boletins de Ensaio n^{os} 231/95 - NAI, 232/95 - NAI e 233/95 - NAI. Para facilitar a análise de resultados os provetes foram identificados nestes ensaios respectivamente por Provete 2.1, Provete 2.2 e Provete 2.3.

Procedeu-se então a uma série de ensaios destinados a caracterizar o comportamento acústico do sistema MADLEVE e a tentar explicar os ganhos e perdas associados às decisões de concepção tomadas.

A desmontagem do último Provete foi efectuada no dia 24 de Outubro de 1995.

Realizaram-se nesta fase um total de 14 ensaios que se encontram descritos nos Boletins de ensaio do LNEC n^{os} 231/95 - NAI, 232/95 - NAI, 233/95 - NAI, 234/95 - NAI, 235/95 - NAI, 236/95 - NAI, 237/95 - NAI, 238/95 - NAI, 239/95 - NAI, 240/95 - NAI, 241/95 - NAI, 242/95 - NAI, 243/95 - NAI, 244/95 - NAI[1].

7.1.3 Resultados obtidos

7.1.3.1 Segurança contra incêndio - Resistência ao fogo

O plano de avaliação apresentado no capítulo 5 prevê a realização de ensaios para determinação da resistência ao fogo de paredes divisórias.

Não havendo em Portugal instalações para ensaios de resistência ao fogo e sendo estes ensaios extremamente caros decidiu-se avaliar a resistência ao fogo do sistema MADLEVE recorrendo à norma inglesa BS 5268.4.2 (1990) [48].

Na Tabela 1 desta norma podem ser encontrados valores da contribuição para a resistência ao fogo dos diversos elementos que compõe uma divisória análoga ao sistema MADLEVE. Usando esta Tabela, pode-se concluir que a resistência ao fogo de sistema é inferior a 30 minutos podendo eventualmente atingir 15 minutos.

As soluções previstas na norma não são exactamente aplicáveis ao sistema MADLEVE e, para além disso, a tabela 1 refere-se a valores associados à resistência de 30 minutos.

Pode-se assim assumir o valor CF 15 com algum risco. Esse valor deverá ser validado recorrendo a ensaios destrutivos.

---

[1] Os Boletins de ensaio referidos no texto associados aos 18 ensaios acústicos realizados podem ser consultados em [12].

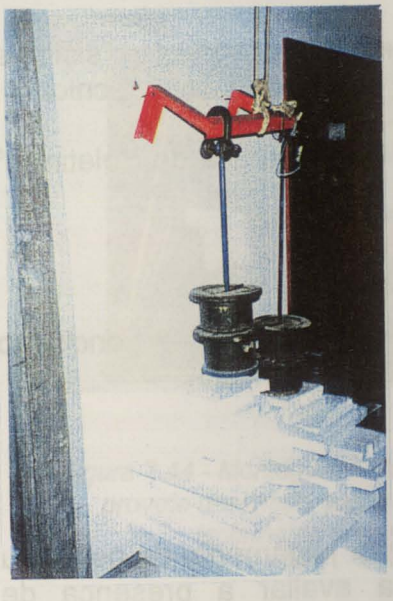


Figura 7.39 - Ensaio de carga excêntrica de segurança em zona corrente (1 kN)



Figura 7.40 - Sistema de aquisição de dados para registo de deformações

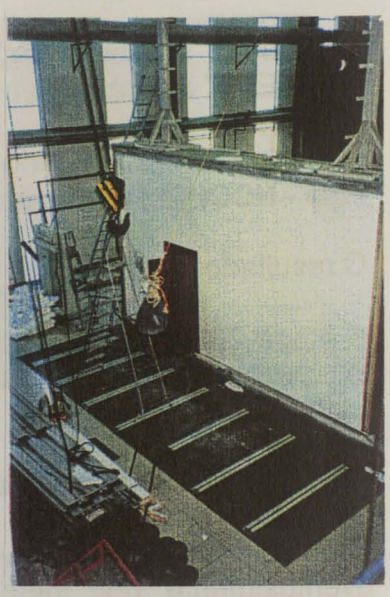


Figura 7.41 - Ensaio de choque de corpo mole de 50 kg / 400 N sobre bordo livre



Figura 7.42 - Aspecto da desmontagem de um painel



Figura 7.43 - Corte de base de placa para permitir desmontagem do provete

7.1.3.2 Segurança contra incêndio - Reacção ao fogo

Avaliou-se a classe de reacção ao fogo da superfície pintada do "sistema MADLEVE" acabada com o esquema de pintura previsto na especificação técnica.

O ensaio foi realizado no LNEC em 18 de Janeiro de 1995 e consta do Boletim nº 7/95 - NCCt. O Boletim pode ser consultado em [12].

O resultado obtido foi M4 conforme previsto.

A figura 7.48 mostra o aspecto dos provetes usados no ensaio após a conclusão dos procedimentos previstos nas respectivas especificações de ensaio.

7.1.3.3 Higiene, saúde e ambiente - Qualidade do ar

O plano de avaliação prevê a avaliação desta exigência por julgamento de perito ou eventualmente por métodos de ensaio destinados a avaliar a presença de substâncias nocivas banidas regulamentarmente em Portugal.

Não foi efectuado qualquer ensaio podendo assumir-se com alguma segurança que nos materiais usados no sistema não existem substâncias nocivas.

Ao nível europeu a maior preocupação neste domínio prende-se com o teor de formaldeído dos materiais derivados da madeira. O formaldeído é uma substância que integra as resinas de ureia-formaldeído normalmente usadas no fabrico dos materiais derivados da madeira. Existe também em pequenas quantidades na madeira maciça. Este produto é considerado nocivo para a saúde em alguns países da União Europeia pelo que nesses países é exigível a aplicação de derivados de madeira com baixo teor de formaldeído normalmente fabricados com outros tipos de resinas(mais caras). Como não é esse o caso de Portugal usaram-se no fabrico do sistema MADLEVE placas de MDF de produção corrente

7.1.3.4 Higiene, saúde e ambiente - Presença de humidade

Esta exigência não se aplica ao sistema MADLEVE, que foi concebido apenas para zonas secas.

7.1.3.5 Segurança na utilização - Resistência mecânica e estabilidade - Resistência aos choques de segurança

No plano de avaliação prevê-se que esta exigência seja verificada por ensaio. Usaram-se na realização dos ensaios as seguintes fichas de ensaio:

- FE.DP1 - "Divisórias leves prefabricadas" - Ensaios de choques e cargas suspensas - Considerações gerais;
- FE.DP2 - "Divisórias leves prefabricadas - "Segurança na utilização - Resistência mecânica e estabilidade - Ensaio de corpo mole de 50 kg";

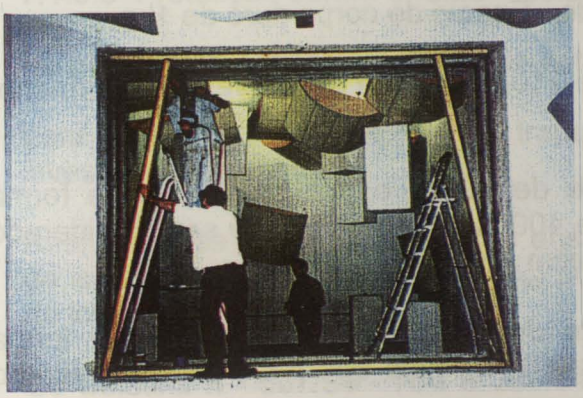


Figura 7.44 - Montagem de esquadria do provete destinado aos ensaios de isolamento sonoro



Figura 7.45 - Montagem do painel M6



Figura 7.46 - Colocação de tira resiliente no topo dos painéis

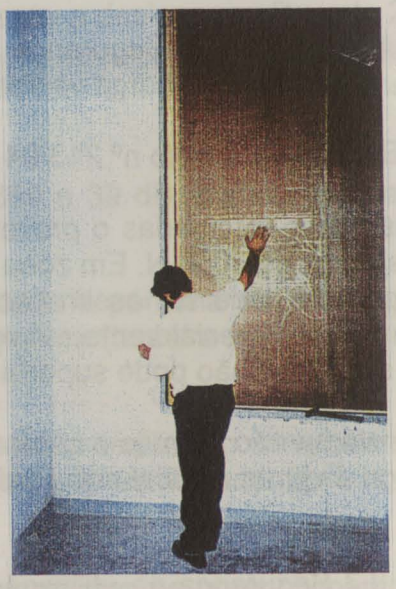


Figura 7.47 - Deficiência no módulo de acerto do provete destinado aos ensaios de isolamento acústico

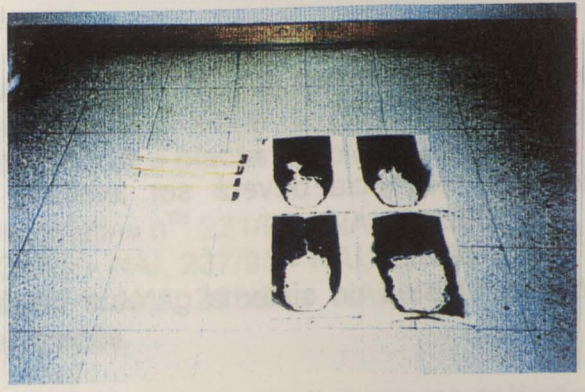


Figura 7.48 - Aspecto dos provetes usados nos ensaios de reacção ao fogo depois de concluídos os ensaios

- FE.DP3 - "Divisórias leves prefabricadas - Segurança na utilização - Resistência mecânica e estabilidade - Ensaio de corpo duro de 1kg.

Os Boletins de ensaio n^{os} 209/94 - NCCt e 210/94 - NCCt descrevem em pormenor os ensaios realizados.

Para o ensaio de choque de corpo mole de 50 kg o provete resiste de forma satisfatória aos choques com a energia de 400 Nm pelo que pode ser considerado aprovado para essa classe de uso (ver Boletim nº 209/94 - NCCt).

Para o ensaio de choque de corpo duro de 1 kg o provete resiste de forma satisfatória aos choques com a energia de 10 Nm pelo que pode ser considerado aprovado para essa classe de uso.

7.1.3.6 Segurança na utilização - Aptidão para receber cargas excêntricas

No plano de avaliação prevê-se que esta exigência deverá ser verificada por ensaio. Seguiram-se na realização do ensaio as seguintes fichas de ensaio:

- FE.DP1 - "Divisórias leves prefabricadas - Ensaios de choque e cargas suspensas - Considerações gerais",

- FE.DP4 - "Segurança na utilização - Resistência mecânica e estabilidade - Ensaio de carga vertical suspensa".

O Boletim de ensaio nº 213/94 - NCCt descreve em pormenor o ensaio realizado.

Nas zonas reforçadas o provete foi capaz de suportar em boas condições a carga suspensa de 4000 N. Em zona corrente o provete não foi capaz de suportar cargas. O provete pode ser assim considerado aprovado para a classe de uso de 4000 N em zonas especialmente reforçadas para o efeito de acordo com as especificações do sistema e não pode suportar cargas excêntricas em zona corrente.

O sistema não permite a colocação de parafusos de fixação de objectos pesados ao longo da junta vertical entre painéis.

7.1.3.7 Segurança na utilização - Segurança contra lesões corporais causadas por contacto físico com a parede

De acordo com o plano de avaliação esta exigência deverá ser avaliada por julgamento de perito.

A qualidade dos acabamentos superficiais previstos no sistema garante um bom desempenho ao nível desta exigência.

Os cobre-juntas previstos para a resolução dos casos particulares de fecho lateral e ângulo saliente/reentrante garantem um acabamento semelhante às obras de carpintaria de limpos correntemente realizados em edifícios. Pode-se também classificar como bom o desempenho do sistema nessa zonas.

7.1.3.8 Protecção contra o ruído - Isolamento sonoro aos sons aéreos

No plano de avaliação prevê-se que esta exigência deverá ser avaliada por ensaios.

Esta exigência foi objecto de um tratamento especial dado ter estado na base da investigação realizada.

Realizaram-se três campanhas de ensaios. Nas duas primeiras avaliou-se o índice de isolamento aos sons aéreos (R_w) por técnicas de pressão sonora e por técnicas de intensidade sonora.

Os Boletins n^{os} 367/94 - NAI e 368/94 - NAI descrevem em pormenor os ensaios realizados sobre o Provete 1. O Provete 1 é o provete do sistema montado originalmente com o defeito que a figura 7.47 documenta.

Obteve-se um R_w de 36 dB usando a norma NP 669 e 37 dB usando técnicas de intensidade sonora. O recurso à avaliação do isolamento com as sondas de intensidade sonora permitiu detectar graves insuficiências de isolamento em toda a periferia do provete que se pensou pudessem dever-se à falta de esquadria na periferia do provete ou a deficiente desempenho da junta resiliente nesses locais[(2)].

Resolveu-se o problema da esquadria e o defeito atrás referido e realizou-se uma nova campanha de ensaios sobre o provete que passou a designar-se Provete 2.

Os Boletins n^{os} 369/94 - NAI e 370/94 - NAI descrevem em pormenor os ensaios realizados sobre o Provete 2.

Obteve-se um R_w de 38 dB usando a norma NP 669 e 39 dB usando técnicas de intensidade sonora.

Mantiveram-se as deficiências de isolamento em toda a periferia do provete pelo que foi decidido fazer uma nova campanha de ensaios (terceira campanha) para tentar explicar os maus resultados obtidos.

A terceira campanha de ensaios foi realizada para tentar explicar o comportamento do sistema de divisórias MADLEVE no que diz respeito ao isolamento aos sons aéreos.

Para esse efeito realizaram-se catorze ensaios com diferentes preenchimentos do interior da divisória e diferentes revestimentos de placas de MDF (diferentes espessuras e placas simples e duplas).

Os Boletins n^{os} 231/95 - NAI, 232/95 - NAI, 233/95 - NAI, 234/95 - NAI, 235/95 - NAI, 236/95 - NAI, 237/95 - NAI, 238/95 - NAI, 239/95 - NAI, 240/95 - NAI, 241/95 - NAI, 242/95 - NAI, 243/95 - NAI e 244/95 - NAI descrevem em pormenor os ensaios realizados.

O Quadro 7.2 apresenta as principais características dos diversos provetes ensaiados na terceira campanha de ensaios bem como os números dos Boletins de ensaio e valores de R_w que lhes estão associados.

---

(2) Relembra-se que o provete foi fabricado para uma largura de 3,46 m quando o vão na altura da montagem tinha 3,50 m.

Quadro 7.2 - Terceira campanha de ensaios de isolamento sonoro - Características dos provetes e resultados obtidos

Provete	Características	Boletim de ensaio	R_w
2.1	Sistema MADLEVE - absorção alta no local receptor	231/95 - NAI	39 dB
2.2	Idem 2.1 com absorção baixa no local receptor	232/95 - NAI	39 dB
2.3	Idem 2.2 com guarnição nas duas faces	233/95 - NAI	39 dB
3	1 placa de MDF com 10 mm no lado emissor - 1 placa de MDF com 12 mm no lado receptor - 2 camadas de lã de vidro - guarnição nas 2 faces	234/95 - NAI	38 dB
4	1 placa de MDF com 10 mm em cada face - lã de vidro só na metade do lado emissor - guarnição nas 2 faces	235/95 - NAI	37 dB
5	1 placa de MDF com 10 mm no lado emissor - 1 placa de MDF com 12 mm no lado receptor - lã de vidro só na metade do lado emissor - guarnição nas 2 faces	236/95 - NAI	37 dB
6	1 placa de MDF com 10 mm no lado emissor - placa dupla de MDF de 10 mm + 12 mm no lado receptor - lã de vidro só na metade do lado emissor - guarnição nas 2 faces	237/95 - NAI	38 dB
7	1 placa de MDF com 10 mm em cada face - na metade do lado emissor, lã de vidro com 20 mm - na metade do lado receptor, lã de rocha com 30 mm - guarnição nas 2 faces	238/95 - NAI	38 dB
8	Idem 7 com placa dupla de MDF com 10 mm + 12 mm na face do lado receptor	239/95 - NAI	39 dB
8.1	Idem 8 com absorção baixa no local receptor	240/95 - NAI	39 dB
9	Idem 2.3 sem lã de vidro no interior da divisória	241/95 - NAI	37 dB
10	Idem 2.3 com placa dupla de MDF com 10 mm + 12 mm nas duas faces	242/95 - NAI	41 dB
11	Idem 2.1 mas aberto na face receptora e com placa dupla de MDF com 10 mm + 12 mm na face do lado emissor	243/95 - NAI	36 dB
12	Idem 2.1 aberto na face do lado receptor e com placa simples de MDF com 10 mm na face do lado emissor	244/95 - NAI	33 dB

A grande quantidade de resultados conseguidos permitiu retirar uma série importante de conclusões que se apresentam no próximo capítulo.

Referem-se em seguida apenas as conclusões mais importantes retiradas dos ensaios.

A divisória MADLEVE tem um comportamento típico de parede simples.

Na zona de baixas e médias frequências é evidente a influência de uma frequência de ressonância que varia com a rigidez da parede. Constatou-se que quanto mais rígida é a divisória maior é a frequência de ressonância.

Na zona das altas frequências é também evidente a existência de uma frequência de coincidência sendo difícil perceber até que ponto a parede se comporta como uma parede dupla.

Não é também muito óbvio o aparecimento de qualquer ressonância de cavidade associada ao efeito de ondas estacionárias no espaço entre as duas faces da divisória.

A pré-avaliação do desempenho do sistema MADLEVE na área do isolamento aos sons aéreos pressupõe a caracterização com algum rigor das frequências de ressonância e coincidência atrás referidas.

Ficou bem provado com a terceira campanha de ensaios que não basta aumentar o número de placas de revestimento com o consequente aumento de massa para obter um bom isolamento. É sempre necessário controlar a frequência de ressonância de forma a que esta se situe sempre que possível abaixo dos 100 Hz.

Dado que o índice R_w penaliza fortemente o mau desempenho nas zonas de baixas e médias frequências o fenómeno de coincidência tem menos importância nas paredes realizadas com base em madeira e respectivos derivados. O preenchimento da caixa de ar com placas ou mantas de lã mineral permite reduzir os efeitos negativos dos fenómenos de coincidência e de ressonância de cavidade embora sem grande repercussão ao nível do valor do R_w obtido (há uma melhoria sensível do desempenho nas altas frequências sem correspondência no aumento do valor de R_w).

A avaliação da frequência de ressonância do sistema MADLEVE, usando um modelo de parede dupla, não se mostrou adequada. A variação de rigidez e massa dos sucessivos provetes usados na terceira campanha de ensaios conduziu à obtenção de grandes variações no valor dessa frequência o que afectou fortemente os resultados obtidos. Aos aumentos de massa não corresponderam grandes ganhos em isolamento devido ao efeito de ressonância nas médias frequências.

7.1.3.9 Protecção contra o ruído - Absorção sonora

O plano de avaliação prevê a realização de ensaios de acordo com a norma EN 20354 (94).

Estes ensaios não foram realizados por se entender que esta característica não é fundamental.

7.1.3.10 Economia de energia e isolamento térmico - Resistência térmica

O plano de avaliação prevê a determinação do coeficiente de transmissão térmica médio (K_m) do sistema por cálculo.

O cálculo efectuado permitiu obter para K_m o valor de 0,62 W / m². °C.

Apresenta-se em seguida a justificação desse cálculo.

Desprezou-se o efeito da junta entre painéis e a esquadria envolvente e avaliou-se a resistência térmica ao nível do painel corrente.

No painel corrente existem três situações que a figura 7.50 documenta.

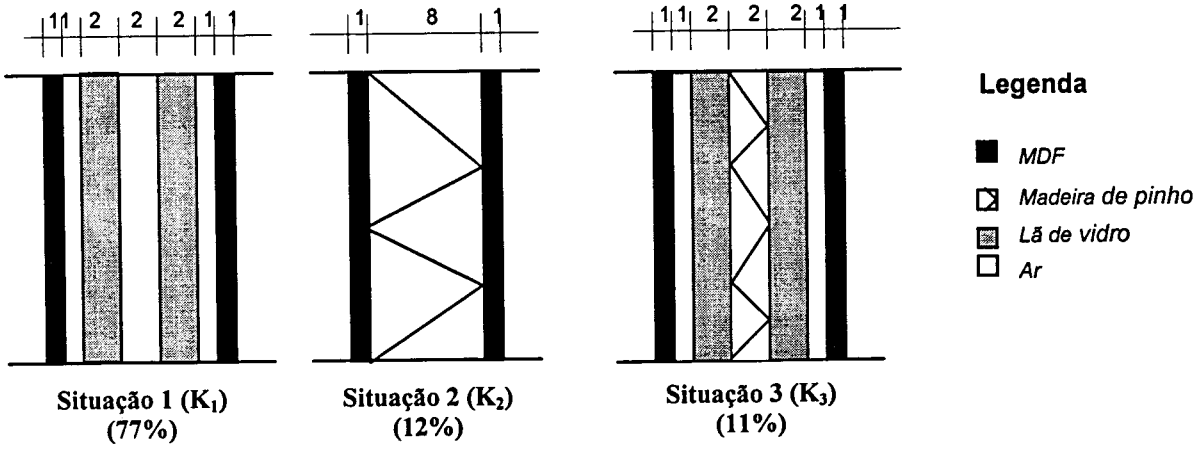


Figura 7.49 - "Situações" de isolamento térmico existentes no painel corrente do sistema MADLEVE

Usaram-se no cálculo os seguintes valores de condutibilidade térmica (λ):

λ_{pinho} = 0,15 W / m.°C ;
λ_{MDF} = 0,15 W / m.°C ;
$\lambda_{lã\ de\ vidro}$ = 0,04 W / m.°C .

Para a resistência térmica de cada uma das diversas camadas de ar interior usaram-se os seguintes valores:

- espaço de ar com 10 mm de espessura = 0,14 m².°C / W
- espaço de ar com 20 mm de espessura = 0,16 m².°C / W

Para valor da resistência térmica superficial $(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e})$ considerou-se o valor de 0,24 m².°C / W .

Os valores foram retirados do RCCTE [249] e ITE 28 do LNEC.

Com base nestes valores obteve-se:

$$- \frac{1}{K_1} = 0,16 + 0,14 \times 2 + \frac{0,02}{0,04} \times 2 + \frac{0,01}{0,15} \times 2 + 0,24 = 1,81 \, m^2.^oC/W \; ;$$

$$- \frac{1}{K_2} = 0,24 + \frac{0,01}{0,15} \times 2 + \frac{0,08}{0,15} = 0,91 \, m^2.^oC/W \; ;$$

$$- \frac{1}{K_3} = 0,14 \times 2 + \frac{0,02}{0,04} \times 2 + \frac{0,02}{0,15} + \frac{0,01}{0,15} \times 2 + 0,24 = 1,79 \, m^2.^oC/W \; .$$

Com base nestes valores obteve-se o seguinte K_m:

$$- K_m = \frac{1}{1,81} \times 0,77 + \frac{1}{0,91} \times 0,12 + \frac{1}{1,79} \times 0,11 = 0,62 \, W/m^2.^oC \; .$$

7.1.3.11 Economia de energia e isolamento térmico - Transferência de vapor

Esta exigência deverá ser avaliada por ensaio e cálculo. Não foi feita a avaliação da permeabilidade ao vapor de água do painel corrente do sistema MADLEVE.

Esta situação só se aplica a casos que não estão incluídos no âmbito da investigação desenvolvida (paredes de duplicação de fachada e paredes de compartimentos húmidos).

7.1.3.12 Economia de energia e isolamento térmico - Permeabilidade ao ar

Esta exigência deverá ser avaliada por ensaio.

Não foi feito qualquer ensaio para avaliar o desempenho do sistema MADLEVE neste domínio.

7.1.3.13 Economia de energia e isolamento térmico - Inércia térmica

Esta exigência deve ser avaliada por cálculo. Calculou-se a massa do sistema para permitir avaliar a sua contribuição para a inércia térmica do edifício.

A massa unitária do painel corrente do sistema MADLEVE é de 23 kg / m² assim distribuídos[3]:

[3] Os valores foram calculados com base em informação que se reúne nas fichas de custos apresentadas no sub-capítulo 7.2. Avaliou-se a massa unitária de um painel com 3,348 m² considerado representativo do sistema.

MDF.....	2 x 700 kg/m³ x 0,01 m = 14 kg/m²
Painéis de fibra de vidro..	[60 kg/m³ x (6,48 x $\frac{53,7}{60}$) m² x 0,02 m] ÷ 3,348 m² = 2,1 kg/m²
Estrutura da grade.....	(0,041 m³ x 350 kg / m³) ÷ 3,348 m² = 4,3 kg/m²
Estrutura envolvente.....	(0,008 m³ x 350 kg/m³) ÷ 3,348 m² = 0,8 kg/m²
Pregos.....	0,5 kg/m² (estimado)
Pintura ou acabamento...	desprezado
Resiliente.....	(5,5 kg/m² x 0,85 m²) ÷ 3,348m² = 1,4 kg/m²
TOTAL.....	**23,0 kg/m²**

7.1.3.14 Outros aspectos da aptidão ao uso - Robustez e rigidez - Resistência ao choque

Esta exigência deve ser verificada por ensaios. Para a realização dos ensaios seguiram-se as seguintes fichas de ensaio:

- FE.DP1- "Divisórias leves prefabricadas - Ensaios de choque e cargas suspensas - Considerações gerais";
- FE.DP5 - "Divisórias leves prefabricadas - Outros aspectos de aptidão ao uso - Robustez e rigidez - Ensaio de corpo mole de 50 kg";
- FE.DP6 - "Divisórias leves prefabricadas - Outros aspectos de aptidão ao uso - Robustez e rigidez - Ensaio de corpo duro de 0,5 kg".

Os Boletins de ensaio n^{os} 211/94 - NCCt e 212/94 - NCCt descrevem em pormenor os ensaios realizados (ver [12]).

Constatou-se que durante todo o ensaio de choque de corpo mole de 50 kg (ver Boletim de ensaio nº 211/94 - NCCt) o provete não foi minimamente afectado pela acção dos três impactes com a energia prevista na especificação do ensaio[(4)]. O provete foi assim considerado aprovado. Nos ensaios de choque de corpo duro de 0,5 kg (ver Boletim de ensaio nº 212/94 - NCCt) constatou-se que o provete não é em geral afectado pelos impactes. As lesões causadas pelos impactes em alguns pontos não são de molde a pôr em causa a aptidão ao uso do sistema.

O sistema pode ser assim considerado aprovado para a classe de uso de 6 Nm.

7.1.3.15 Outros aspectos de aptidão ao uso - Perda de aptidão ao uso por acção de cargas excêntricas

Esta exigência deverá ser avaliada por ensaio. Seguiram-se as seguintes fichas:

(4) A versão do ETAG/IPS de 94.06.06 [143] prevê 100 Nm. Na versão de 95.11.18 [142] essa energia passou para 120 Nm. Foi seguido o documento [143].

- FE.DP1- "Divisórias leves prefabricadas - Ensaios de choque e cargas suspensas - Considerações gerais";

- FE.DP7 - "Divisórias leves prefabricadas - Outros aspectos de aptidão ao uso - Robustez e rigidez - Ensaio de carga vertical excêntrica".

O Boletim de ensaio nº 214/94 - NCCt descreve em pormenor o ensaio realizado (ver [12]).

O provete foi aprovado para a classe de uso de 2000 N. No entanto, as cargas só poderão ser suspensas em zonas especialmente reforçadas para o efeito e de acordo com a especificação técnica do sistema. Este não permite a fixação de objectos pesados nas zonas não reforçadas. Mesmo em zonas reforçadas não é possível a fixação de objectos pesados ao longo da junta vertical entre painéis.

7.1.3.16 Outros aspectos de aptidão ao uso - Perda de aptidão ao uso por acção de cargas pontuais paralelas ou perpendiculares à superfície da parede

Esta exigência deverá ser avaliada por ensaio. Seguiram-se as seguintes fichas:

- FE.DP8 - "Divisórias leves prefabricadas - Outros aspectos de aptidão ao uso - Robustez e rigidez - Ensaio de arrancamento";

- FE.DP7 - "Divisórias leves prefabricadas - Outros aspectos de aptidão ao uso - Robustez e rigidez - Ensaio de suspensão de cargas em zona corrente".

Os Boletins de ensaio n^{os} 215/94 - NCCt e 216/94 - NCCt descrevem respectivamente com pormenor os dois ensaios realizados (ver [12]).

No ensaio de arrancamento (215/94) atingiram-se os valores de 700 N para parafusos POZIDRIVE 4.5/25 e de 1250 N para parafusos POZIDRIVE 6.0/60 .

No ensaio de suspensão de carga (216/94) suspendeu-se o ensaio para a carga de 1650 N usando parafusos POZIDRIVE 4.5/25 .

Os valores exigíveis de acordo com a especificação de ensaio são respectivamente 250 N e 100 N pelo que a utilização de parafusos POZIDRIVE 4.5/25 ficou aprovada.

7.1.3.17 Outros aspectos da aptidão ao uso - Rigidez da parede a aplicar em compartimentos húmidos

Por razões análogas ao exposto em 7.1.3.11 esta exigência não foi avaliada.

7.1.3.18 Outros aspectos de aptidão ao uso - Protecção contra a degradação causada por agentes físicos, químicos ou biológicos

Esta exigência deverá ser avaliada por ensaio de radiação e por julgamento de perito. O ensaio de radiação foi introduzido na versão do ETAG/IPS de 18 de Novembro de 1994. A versão de 6 de Junho de 1994 não contempla este ensaio. O ensaio de radiação não foi executado por esse motivo.

No que diz respeito à resistência a agentes biológicos admite-se que o sistema tem um desempenho aceitável nas zonas de risco biológico 1 tal como se justifica no capítulo 6. Não foi feito qualquer ensaio para comprovar o bom comportamento do sistema em relação a agentes químicos ou biológicos.

Tem sido prática corrente aplicar um tratamento superficial de preservação contra fungos e térmitas em peças de pinho a aplicar em "casas leves prefabricadas". No entanto, caso se possa garantir que os riscos de infestação por caruncho e térmitas são desprezáveis, o sistema MADLEVE terá um desempenho adequado no que diz respeito a esta exigência.

7.1.3.19 Outros aspectos de aptidão ao uso - Aptidão para reutilização

Esta exigência deverá ser avaliada por julgamento de perito com base na especificação técnica do fabricante.

O sistema tal qual foi concebido não é de fácil reutilização total. A pregagem pneumática não permite despregar as placas coladas em obra de uma forma rápida e eficaz. Ocorreram também problemas na desmontagem do painel de porta.

Por esse motivo a versão melhorada do sistema (dita "final") apresentada no anexo B prevê a montagem dos módulos de porta em primeiro lugar nascendo as paredes sempre a partir dos módulos de porta (ao contrário da versão de ensaio em que se previu a montagem da parede a partir de um canto). A nova especificação prevê também a pregagem manual das placas a colocar em obra.

Em qualquer dos casos pode-se considerar a reutilização do sistema melhorado como fácil mas envolvendo alguma mão-de-obra (é necessário despregar todas as placas).

7.1.3.20 Outros aspectos de aptidão ao uso - Aptidão para receber instalações embebidas

Esta exigência deve ser avaliada por julgamento de perito.

O sistema não permite a incorporação de instalações no interior dos painéis devendo ser criadas reservas técnicas (com duplicação de painel) especialmente para esse efeito.

A eventual definição de caminhos no interior dos painéis envolvendo a furação dos montantes carece de validação experimental. Os montantes ficariam mecanicamente enfraquecidos e não se sabe de que forma se comportaria o sistema em relação aos ensaios de choque.

7.1.3.21 Exigências de verificação eventual - Acabamentos

Esta exigência não é aplicável ao sistema MADLEVE já que só se aplica a sistemas acabados em fábrica.

7.1.3.22 Exigências de verificação eventual - Aspecto

Esta exigência não é aplicável ao sistema MADLEVE já que só se aplica a sistemas acabados em fábrica.

7.2 Avaliação económica do sistema MADLEVE

7.2.1 Âmbito e objectivos

A avaliação económica do sistema MADLEVE foi feita a partir de informação recolhida durante o processo de fabrico e montagem dos protótipos.

A avaliação foi feita contabilizando os custos de mão-de-obra na globalidade mas excluindo algumas situações particulares e materiais usados nos pormenores.

Não se consideraram assim as peças de remate de ângulo saliente/reentrante e fecho lateral. Não se consideraram também os eventuais sobrecustos de módulos especiais de porta ou outros. Não se considerou finalmente o custo de transporte.

Dentro deste contexto avaliou-se o custo do sistema analisando apenas um módulo corrente com 2,79 m x 1,20 m.

Os rendimentos de mão-de-obra foram retirados de informação recolhida ao longo de todo o processo.

Os rendimentos de materiais foram obtidos por simples medição.

Os rendimentos de equipamentos foram contabilizados segundo o princípio definido habitualmente em Alberto Martins Mesquita e Filhos, Lda.

Separou-se a avaliação em seis partes a que correspondem diferentes fichas de custos.

As fichas de custos preparadas são as seguintes:

- Ficha 1 : Preparação de peças de pinho da grade - Fabrico;
- Ficha 2 : Preparação de placas de MDF - Fabrico;
- Ficha 3 : Preparação de soleira e frechal - Fabrico;
- Ficha 4 : Montagem em oficina;
- Ficha 5 : Montagem em obra;
- Ficha 6 : Pintura em obra - 2 faces.

O objectivo do estudo foi o de avaliar a ordem de grandeza do custo do sistema MADLEVE. Essa avaliação foi feita com algum detalhe com o objectivo de recolher

informação que permitisse o estudo de eventuais alterações que pudessem tornar o sistema mais barato sem perda considerável de qualidade.

7.2.2 Avaliação dos custos de fabrico

O Quadro 7.3 apresenta a ficha de custos nº 1.

Quadro 7.3 - Ficha de custos nº 1 - Preparação de peças de pinho da grade - Fabrico

SISTEMA MADLEVE MÓDULO CORRENTE COM 2,79 x 1,20 (ÁREA = 3,348 m^2)	PREPARAÇÃO PEÇAS EM PINHO DA GRADE - FABRICO				FICHA DE CUSTOS Nº 1 DATA - SETEMBRO 94		
RECURSO	DESIGNAÇÃO	UN.	QUANT.	PR. UNIT.	TOTAIS	CUSTO / m^2	%
MATERIAIS	Madeira de pinho em vigas	m^3	0,041	32.600,00	1.336,60	399,22	38,21
TOTAL MATERIAIS					**1.336,60**	**399,22**	**38,21**
MÃO-DE-OBRA	Carpinteiro	H	0,7	1.300,00	910,00	271,80	26,02
TOTAL MÃO-DE-OBRA					**910,00**	**271,80**	**26,02**
EQUIPAMENTOS	Gastos gerais de fabrico sobre mão de obra	125% sobre total de mão-de-obra			1.137,50	339,76	32,52
	Gastos gerais de fabrico sobre materiais	8,5% sobre total de materiais			113,61	33,93	3,25
TOTAL EQUIPAMENTOS					**1.251,11**	**373,69**	**35,77**
TOTAL GLOBAL					**3.497,71**	**1.044,72**	**100,00**

O preço unitário da madeira de pinho em vigas foi retirado da factura do fornecedor.

O preço unitário da hora do carpinteiro foi estimado com base na metodologia correntemente adoptada e sugerida pela AICCOPN. O valor de 1300$00/h corresponde a um salário mensal de 96.800$000..

Os rendimentos da madeira de pinho em vigas foram retirados da medição do painel corrente.

O rendimento de mão-de-obra foi retirado de informações obtidas no fabrico dos protótipos. Foram necessárias 10,5 horas de carpinteiro para preparar 0,575 m³ de vigas de pinho o que corresponde a 0,7 horas para 0,041 m³ (quantidade necessária para fabricar um painel com 3,348 m²).

Os gastos gerais de fabrico foram contabilizados em função dos custos com mão-de-obra e materiais.

Os Quadros 7.4 e 7.5 apresentam respectivamente a ficha de custos nº 2 e a ficha de custos nº 3. Os valores indicados nos quadros foram obtidos de forma análoga à ficha de custos nº 1.

Quadro 7.4 - Ficha de custos nº 2 - Preparação de placas de MDF - Fabrico

SISTEMA MADLEVE MÓDULO CORRENTE COM 2,79 X 1,20 (ÁREA = 3,348 m²)	PREPARAÇÃO DE PLACAS DE MDF - FABRICO				FICHA DE CUSTOS Nº 2 DATA - SETEMBRO 94		
RECURSO	DESIGNAÇÃO	UN	QUANT	PR. UNIT.	TOTAIS	CUSTO / m²	%
MATERIAIS	Placas MDF 10 mm espessura	m²	6,71	675,00	4.529,25	1.352,82	46,10
	Isolante Pur 10588 (Tintas 2000)	l	0,68	3.055,00	2.077,40	620,49	21,14
	Endurecedor 10589 (Tintas 2000)	l	0,068	323,00	21,96	6,56	0,22
TOTAL MATERIAIS					**6.628,61**	**1.979,87**	**67,47**
MÃO-DE-OBRA	Carpinteiro	H	0,5	1.300,00	650,00	194,15	6,62
	Pintor	H	0,4	1.300,00	520,00	155,32	5,29
TOTAL MÃO-DE-OBRA					**1.170,00**	**349,46**	**11,91**
EQUIPAMENTOS	Gastos gerais de fabrico sobre mão de obra	125 % sobre total de mão-de-obra			1.462,50	436,83	14,89
	Gastos gerais de fabrico sobre materiais	8,5 % sobre total de materiais			563,43	168,29	5,73
TOTAL EQUIPAMENTOS					**2.025,93**	**605,12**	**20,62**
TOTAL GLOBAL					**9.824,55**	**2.934,45**	**100,00**

Quadro 7.5 - Ficha de custos nº 3 - Preparação de soleira e frechal - Fabrico

SISTEMA MADLEVE MÓDULO CORRENTE COM 2,79 x 1,20 (ÁREA = 3,348 m^2)	PREPARAÇÃO DE SOLEIRA E FRECHAL - FABRICO				FICHA DE CUSTOS Nº 3 DATA - SETEMBRO 94		
RECURSO	DESIGNAÇÃO	UN.	QUANT	PR. UNIT.	TOTAIS	CUSTO / m^2	%
MATERIAIS	Madeira de pinho em vigas	m^3	0,008	32.600,00	260,80	77,90	22,01
	Resiliente PKB2	m^2	0,2	2.135,00	427,00	127,54	36,03
TOTAL MATERIAIS					**687,80**	**205,44**	**58,04**
MÃO-DE-OBRA	Carpinteiro	H	0,15	1.300,00	195,00	58,24	16,46
TOTAL MÃO-DE-OBRA					**195,00**	**58,24**	**16,46**
EQUIPAMENTOS	Gastos gerais de fabrico sobre mão de obra	125% sobre total de mão-de-obra			243,75	72,80	20,57
	Gastos gerais de fabrico sobre materiais	8,5% sobre total de materiais			58,46	17,46	4,93
TOTAL EQUIPAMENTOS					**302,21**	**90,27**	**25,50**
TOTAL GLOBAL					**1.185,01**	**353,95**	**100,00**

7.2.3 Avaliação dos custos de montagem em oficina

O Quadro 7.6 apresenta a ficha de custos nº 4. Os valores indicados nos quadros foram obtidos de forma análoga à ficha de custos nº 1.

O salário-hora de 1.000$00 corresponde a um vencimento mensal de 74.500$00.

Quadro 7.6 - Ficha de custos nº 4 - Montagem em oficina

SISTEMA MADLEVE MÓDULO CORRENTE COM 2,79 x 1,20 (ÁREA = 3,348 m²)	MONTAGEM EM OFICINA				FICHA DE CUSTOS Nº 4 DATA - SETEMBRO 94		
RECURSO	DESIGNAÇÃO	UN.	QUANT	PR. UNIT.	TOTAIS	CUSTO/m²	%
MATERIAIS	Resiliente PKB2	m²	0,56	2.135,00	1.195,60	357,11	10,11
	Lã de vidro (1350 x 600 x 20)	m²	6,48	558,00	3.615,84	1.080,00	30,58
	Agrafos 84/14	un	20	0,40	8,00	2,39	0,07
	Pregos 21/45	un	70	0,67	46,90	14,01	0,40
	Pregos 29/75	un	24	1,46	35,04	10,47	0,30
	Pregos 21/55	un	12	1,27	15,24	4,55	0,13
	Pregos 45/105	un	12	1,55	18,60	5,56	0,16
TOTAL MATERIAIS					**4.935,22**	**1.474,08**	**41,74**
MÃO-DE-OBRA	Carpinteiro	H	1,25	1.300,00	1.625,00	485,36	13,74
	Servente de Carpinteiro	H	1,25	1.000,00	1.250,00	373,36	10,57
TOTAL MÃO-DE-OBRA					**2.875,00**	**858,72**	**24,32**
EQUIPAMENTOS	Gastos gerais de fabrico sobre mão de obra	125 % sobre total de mão-de-obra			3.593,75	1.073,40	30,40
	Gastos gerais de fabrico sobre materiais	8,5 % sobre total de materiais			419,49	125,30	3,55
TOTAL EQUIPAMENTOS					**4.013,24**	**1.198,70**	**33,94**
TOTAL GLOBAL					**11.823,46**	**3.531,50**	**100,00**

7.2.4 Avaliação dos custos de montagem em obra

O Quadro 7.7 apresenta a ficha de custos nº 5.

Os rendimentos de mão-de-obra foram obtidos a partir do controlo do tempo dispendido na montagem do provete destinado aos ensaios de isolamento sonoro. O provete foi montado em 2 horas por 3 homens o que corresponde a um rendimento de 0,6 horas / m² e 2 horas / painel.

Assumiu-se que a equipa adequada à realização do trabalho era um carpinteiro e um ajudante. A essa equipa correspondem os valores de 1 hora/painel para cada um dos elementos da equipa.

Os custos com materiais foram obtidos das facturas dos fabricantes.

Quadro 7.7 - Ficha de custos nº 5 - Montagem em obra

SISTEMA MADLEVE MÓDULO CORRENTE COM 2,79 x 1,20 (ÁREA = 3,348 m²)	MONTAGEM EM OBRA				FICHA DE CUSTOS Nº 5 DATA - SETEMBRO 94		
RECURSO	DESIGNAÇÃO	UN.	QUANT.	PR. UNIT.	TOTAIS	CUSTO / m²	%
MATERIAIS	Buchas AUSMARK ADM10	un	1,7	8,00	13,60	4,06	0,53
	Parafusos POZIDRIVE 60/100	un	1,7	11,00	18,70	5,59	0,73
	Resiliente PKB2	m²	0,09	2.135,00	192,15	57,39	7,47
	Pregos 21/45 (Pneumático)	un	70	0,67	46,90	14,01	1,82
TOTAL MATERIAIS					**271,35**	**81,05**	**10,55**
MÃO-DE-OBRA	Carpinteiro	H	1	1.300,00	1.300,00	388,29	50,56
	Servente de Carpinteiro	H	1	1.000,00	1.000,00	298,69	38,89
TOTAL MÃO-DE-OBRA					**2.300,00**	**686,98**	**89,45**
EQUIPAMENTOS							
TOTAL EQUIPAMENTOS					**0,00**	**0,00**	**0,00**
TOTAL GLOBAL					**2.571,35**	**768,03**	**100,00**

7.2.5 Avaliação dos custos de pintura em obra

O Quadro 7.8 apresenta a ficha de custos nº 6.

Quadro 7.8 - Ficha de custos nº 6 - Pintura em obra - 2 faces

SISTEMA MADLEVE MÓDULO CORRENTE COM 2,79 x 1,20 (ÁREA = 3,348 m²)	PINTURA EM OBRA - 2 FACES				FICHA DE CUSTOS Nº 6 DATA - SETEMBRO 94		
RECURSO	DESIGNAÇÃO	UN.	QUANT.	PR. UNIT.	TOTAIS	CUSTO / m²	%
MATERIAIS	Subcapa Poliacrílica 8877 (Tintas 2000)	l	0,8	3.801,00	3.040,80	908,24	25,59
	Catalizador 8877 (Tintas 2000)	l	0,16	2.418,00	386,88	115,56	3,26
	Acelerador Poliester 8877 (Tintas 2000)	l	0,04	609,00	24,36	7,28	0,21
	Diluente Dilpur (Tintas 2000)	l	0,2	435,00	87,00	25,99	0,73
	Betume Hantek (CIN)	un	0,4	455,00	182,00	54,36	1,53
	Esmalte Polidur (Tintas 2000)	l	0,8	5.401,00	4.320,80	1.290,56	36,36
	Endurecedor 6817 (Tintas 2000)	l	0,16	1.791,00	286,56	85,59	2,41
	Diluente Retardador 8461 (Tintas 2000)	l	0,4	435,00	174,00	51,97	1,46
TOTAL MATERIAIS					**8.502,40**	**2.539,55**	**71,55**
MÃO-DE-OBRA	Pintor	H	2,6	1.300,00	3.380,00	1.009,56	28,45
TOTAL MÃO-DE-OBRA					**3.380,00**	**1.009,56**	**28,45**
EQUIPAMENTOS							
TOTAL EQUIPAMENTOS					**0,00**	**0,00**	**0,00**
TOTAL GLOBAL					**11.882,40**	**3.549,10**	**100,00**

Os valores indicados no quadro foram obtidos da seguinte forma:

- os rendimentos da mão-de-obra pelo controlo do tempo gasto na pintura do provete destinado aos ensaios de choque;
- os rendimentos das tintas de acordo com informação do fabricante das tintas que foi aproximadamente respeitada em obra;

- os preços unitários dos materiais a partir das facturas do fornecedor;
- o preço unitário da hora de trabalho operário em função do respectivo vencimento mensal estimado (96.800$00).

7.2.6 Resumos de custos

O Quadro 7.9 apresenta um resumo de custos respectivamente decomposto em Fabrico, Montagem em obra e Acabamento.

Quadro 7.9 - Sistema MADLEVE - Resumo de custos por tipos

SISTEMA MADLEVE MÓDULO CORRENTE COM 2,79 x 1,20 (ÁREA = 3,348 m²) **RESUMO DE CUSTOS POR TIPOS**			
DESIGNAÇÃO	CUSTO TOTAL (ESCUDOS)	CUSTO / m² (ESCUDOS)	%
FABRICO			
Preparação de peças de pinho para grades (Ficha 1)	3.497,71	1.044,72	8,58
Preparação de placas de MDF incluindo pintura selante (Ficha 2)	9.824,55	2.934,45	24,09
Fabrico de peças da esquadria envolvente (Ficha 3)	1.185,01	353,95	2,91
Montagem em oficina (Ficha 4)	11.823,46	3.531,50	28,99
TOTAL FABRICO	**26.330,73**	**7.864,62**	**64,56**
MONTAGEM EM OBRA			
Montagem em obra (Ficha 5)	2.571,35	768,03	6,30
TOTAL MONTAGEM EM OBRA	**2.571,35**	**768,03**	**6,30**
ACABAMENTO			
Pintura nas duas faces em obra (Ficha 6)	11.882,40	3.549,10	29,13
TOTAL ACABAMENTO	**11.882,40**	**3.549,10**	**29,13**
TOTAL GLOBAL	**40.784,48**	**12.181,75**	**100,00**

O Quadro 7.10 apresenta um resumo de custos do sistema MADLEVE decomposto em recursos elementares.

O custo total do sistema MADLEVE excluindo transporte para a obra é de 12.182$00 / m².

Se excluirmos a pintura o custo reduz para 8.633$00 / m².

Se excluirmos também a aplicação do produto selante o custo reduz para 7.851$00 / m².

Quadro 7.10 - Sistema MADLEVE - Resumo de custos por recursos

SISTEMA MADLEVE

MÓDULO CORRENTE COM 2,79 x 1,20 (ÁREA = 3,348 m²)

RESUMO DE CUSTOS POR RECURSOS

DESIGNAÇÃO	UN.	QUANT.	PR. UNIT. (ESCUDOS)	TOTAIS (ESCUDOS)	CUSTOS / m² (ESCUDOS)	%
MATERIAIS						
Madeira de Pinho em vigas da grade	m³	0,041	32.600,00	1.336,60	399,22	3,28
Madeira de Pinho em esquadria	m³	0,008	32.600,00	260,80	77,90	0,64
Endurecedor 10589 (Tintas 2000)	l	0,068	323,00	21,96	6,56	0,05
Isolante Pur 10588 (Tintas 2000)	l	0,68	3.055,00	2.077,40	620,49	5,09
Lã de vidro (Placas 1350 X 600 x 20mm)	m²	6,48	558,00	3.615,84	1.080,00	8,87
Placas de MDF com 10 mm de espessura	m²	6,71	675,00	4.529,25	1.352,82	11,11
Resiliente PKB2	m²	0,85	2.135,00	1.814,75	542,04	4,45
Agrafos 84/14	un	20	0,40	8,00	2,39	0,02
Pregos 21/45	un	140	0,67	93,80	28,02	0,23
Pregos 21/55	un	12	1,27	15,24	4,55	0,04
Pregos 29/75	un	24	1,46	35,04	10,47	0,09
Pregos 45/105	un	12	1,55	18,60	5,56	0,05
Parafusos Duofast Pozidrive 60/100 Zincado	un	1,7	11,00	18,70	5,59	0,05
Buchas nylon Ausmark ADM10	un	1,7	8,00	13,60	4,06	0,03
Sub-capa Poliacrílica 8877 (Tintas 2000)	l	0,8	3.801,00	3.040,80	908,24	7,46
Catalizador para 8877 (Tintas 2000)	l	0,16	2.418,00	386,88	115,56	0,95
Acelerador Poliester (Tintas 2000)	l	0,04	609,00	24,36	7,28	0,06
Diluente Dilpur (Tintas 2000)	l	0,2	435,00	87,00	25,99	0,21
Betume Universal Hantek (CIN)	un	0,4	455,00	182,00	54,36	0,45
Esmalte Polidur (Tintas 2000)	l	0,8	5.401,00	4.320,80	1.290,56	10,59
Endurecedor 6817 (Tintas 2000)	l	0,16	1.791,00	286,56	85,59	0,70
Diluente retardador 8461 (Tintas 2000)	l	0,4	435,00	174,00	51,97	0,43
TOTAL MATERIAIS				**22.361,98**	**6.679,21**	**54,83**
MÃO-DE-OBRA						
Carpinteiro	H	3,6	1.300,00	4.680,00	1.397,85	11,47
Pintor	H	3	1.300,00	3.900,00	1.164,87	9,56
Servente de Carpinteiro	H	2,25	1.000,00	2.250,00	672,04	5,52
TOTAL MÃO-DE-OBRA				**10.830,00**	**3.234,77**	**26,55**
EQUIPAMENTO						
Gastos gerais de fabrico				7.592,49	2.267,77	18,62
TOTAL EQUIPAMENTO				**7.592,49**	**2.267,77**	**18,62**
TOTAL CUSTOS DIRECTOS (EXCLUINDO TRANSPORTE)				**40.784,48**	**12.181,75**	**100,00**

O Quadro 7.11 apresenta o resumo de custos do sistema MADLEVE decomposto em recursos e excluindo a pintura em obra.

Quadro 7.11 - Sistema MADLEVE - Resumo de custos por recursos (excluindo pintura em obra)

SISTEMA MADLEVE

MÓDULO CORRENTE COM 2,79 x 1,20 (ÁREA = 3,348 m^2)

RESUMO DE CUSTOS POR RECURSOS (EXLUINDO PINTURA EM OBRA)

DESIGNAÇÃO	UN.	QUANT.	PR. UNIT. (ESCUDOS)	TOTAIS (ESCUDOS)	CUSTOS / m^2	%
MATERIAIS						
Madeira de Pinho em vigas da grade	m^3	0,041	32.600,00	1.336,60	399,22	4,62
Madeira de Pinho em esquadria	m^3	0,008	32.600,00	260,80	77,90	0,90
Endurecedor 10589 (Tintas 2000)	l	0,068	323,00	21,96	6,56	0,08
Isolante Pur 10588 (Tintas 2000)	l	0,68	3.055,00	2.077,40	620,49	7,19
Lã de vidro (Placas 1350 X 600 x 20mm)	m^2	6,48	558,00	3.615,84	1.080,00	12,51
Placas de MDF com 10 mm de espessura	m^2	6,71	675,00	4.529,25	1.352,82	15,67
Resiliente PKB2	m^2	0,85	2.135,00	1.814,75	542,04	6,28
Agrafos 84/14	un	20	0,40	8,00	2,39	0,03
Pregos 21/45	un	140	0,67	93,80	28,02	0,32
Pregos 21/55	un	12	1,27	15,24	4,55	0,05
Pregos 29/75	un	24	1,46	35,04	10,47	0,12
Pregos 45/105	un	12	1,55	18,60	5,56	0,06
Parafusos Duofast Pozidrive 60/100 Zincado	un	1,7	11,00	18,70	5,59	0,06
Buchas nylon Ausmark ADM10	un	1,7	8,00	13,60	4,06	0,05
TOTAL MATERIAIS				**13.859,58**	**4.139,66**	**47,95**
MÃO-DE-OBRA						
Carpinteiro	H	3,6	1.300,00	4.680,00	1.397,85	16,19
Pintor	H	0,4	1.300,00	520,00	155,32	1,80
Servente de Carpinteiro	H	2,25	1.000,00	2.250,00	672,04	7,78
TOTAL MÃO-DE-OBRA				**7.450,00**	**2.225,21**	**25,78**
EQUIPAMENTO						
Gastos gerais de fabrico				7.592,49	2.267,77	26,27
TOTAL EQUIPAMENTO				**7.592,49**	**2.267,77**	**26,27**
TOTAL CUSTOS DIRECTOS (EXCLUINDO TRANSPORTE)				**28.902,07**	**8.632,64**	**100,00**

7.3 Versão melhorada do sistema MADLEVE

7.3.1 Considerações gerais

Como resultado da investigação efectuada foi possível descobrir diversas afinações de pormenor a aplicar ao sistema concebido inicialmente (para versão de ensaio, ver [12]). Essas pequenas alterações deverão permitir obter diversas melhorias em alguns aspectos do desempenho do sistema.

Apresentam-se e justificam-se neste sub-capítulo as referidas alterações.

7.3.2 Afinação da geometria e das juntas entre painéis

7.3.2.1 Dimensão da grade e das juntas entre painéis

Mediram-se as juntas entre painéis, resultantes da montagem, e foi possível constatar que a dimensão média mais adequada para essa junta é de 15 mm pelo que a grade em cada painel deverá ter 1185 mm para permitir a modulação perfeita do sistema. Cada módulo tem assim 1200 mm incluindo grade e duas meia-juntas.

7.3.2.2 Posição relativa de placas de MDF e grade

Constatou-se durante a montagem que seria conveniente aumentar o desfasamento entre grade e placas de MDF de modo a melhorar o apoio dos painéis uns nos outros.

7.3.2.3 Pormenor da junta entre painéis

Alterou-se a dimensão do rasgo efectuado nas placas de MDF de modo a permitir ocultar com maior facilidade os pregos interiores usados no alinhamento vertical da junta e tornar a junta mais estética.

7.3.2.4 Prumo em lamelado colado

Alterou-se a dimensão da secção do prumo em lamelado colado usado nos ângulos devido à nova dimensão assumida para a junta em material resiliente. Mudaram-se os prumos com 90 mm x 90 mm e juntas com 10 mm para prumos com 85 mm x 85 mm e juntas com 15 mm.

7.3.3 Novos módulos

7.3.3.1 Alteração do módulo de porta

Para permitir conceber uma nova sequência de montagem alterou-se o módulo de

porta. A sequência de montagem passa assim a ter início neste módulo de modo a permitir que a desmontagem possa ser efectuada sem danificar estes componentes normalmente mais frágeis que os restantes.

7.3.3.2 Módulo de envidraçado

Concebeu-se um novo módulo de envidraçado.

7.3.4 Aumento da facilidade de desmontagem do sistema

7.3.4.1 Nova sequência de montagem

Devido à fragilidade do módulo de porta entendeu-se que será conveniente só desmontar estes módulos em último lugar.

Assumiu-se que os primeiros módulos a montar seriam sempre os de porta. Alteraram-se as placas de revestimento em dimensões e pormenor de junta de modo a obter dois bordos reentrantes e permitir a montagem dos dois lados de módulos correntes (com um lado saliente e outro reentrante). Os módulos de acerto têm dois lados salientes para permitir o "fecho" da parede.

7.3.4.2 Pregagem manual de placas em obra

Constatou-se com as montagens e desmontagens do provete usado nos ensaios acústicos que a aplicação de pregagem pneumática não permite a despregagem das placas sem as danificar significativamente.

Assim foi alterada a especificação técnica de montagem do sistema aconselhando a pregagem manual das placas de modo a permitir a desmontagem completa do sistema em perfeitas condições de reaplicação.

7.3.5 Alteração de pormenores

7.3.5.1 Peças de ângulo saliente e reentrante

Foram redesenhadas as peças de ângulo para facilitar o fabrico e tornar as juntas mais uniformes. Pretendeu-se obter juntas abertas todas com a mesma dimensão (5 mm).

7.3.5.2 Remates com tectos e pavimentos

Foram redesenhados os pormenores para facilitar o fabrico.

As peças passam a ser de forma rectangular simples.

7.3.5.3 Fecho lateral

Foi redesenhado o pormenor para tornar mais simples o fabrico.

CAPÍTULO 8

PRINCIPAIS CONCLUSÕES E LINHAS DE INVESTIGAÇÃO FUTURA

8.1 Reflexão sobre a viabilidade do sistema MADLEVE

No capítulo 5 apresenta-se uma metodologia de avaliação da viabilidade de sistemas de prefabricação parcial. De acordo com essa metodologia após a avaliação técnica e económica do sistema procede-se a uma reflexão sobre a sua viabilidade.

Os aspectos positivos do sistema MADLEVE são os que se enumeram de seguida:

- a) desempenho mecânico;

o sistema MADLEVE obteve nos ensaios de choque e de carga excêntrica suspensa um excelente desempenho (atingiu a classe mais elevada prevista no ETAG/IPS);

foi possível constatar que o sistema tem uma boa deformabilidade o que lhe permite absorver com facilidade as acções dinâmicas provenientes dos ensaios de choque;

- b) facilidade de montagem;

o sistema MADLEVE é mais fácil de montar que os sistemas de divisórias usados correntemente nas construções leves de madeira dado que as ligações entre painéis e destes com a envolvente rígida se fazem por apoio simples;

o material resiliente permite absorver as tolerâncias de montagem e acertar com facilidade as dimensões globais de uma parede formada por vários painéis;

a forma de ligação aos sub-sistemas periféricos (usando uma esquadria de pinho) permite definir com grande rigor os alinhamentos das paredes a montar e facilitar a respectiva montagem;

o processo de montagem permite criar uma grande mecanização; a esquadria periférica funciona como "primeira fiada" permitindo que pessoal menos habilitado "preencha os espaços" com painéis e placas duma forma muito mecanizada;

- c) versatilidade de acabamento;

a gama de materiais de revestimento com base MDF é muito vasta (sem acabamento, com acabamento a folha de madeira, com acabamento com papeis melamínicos);

as placas de revestimento podem ainda ser pintadas ou envernizadas em obra ou em fábrica;

por outro lado nada impede que o sistema MADLEVE sirva de base a um revestimento com placas de gesso cartonado com junta "tomada"; o

revestimento deverá ser integralmente realizado em obra e permitirá obter um acabamento próximo daquele que se consegue sobre paredes de alvenaria;

- d) rigor dimensional;

o rigor dimensional que é possível obter com a montagem do sistema MADLEVE é uma das suas principais qualidades;

o facto de se utilizar um material de junta que poderá com alguma facilidade ser comprimido ou relaxado de modo a atingir espessuras entre 10 e 20 mm quando aplicado permite absorver tolerâncias de fabrico e montagem com grande facilidade;

a folga existente no topo da divisória permite também absorver deformações do tecto superior sem introdução de esforços na divisória;

- e) aptidão para receber cargas excêntricas;

o sistema MADLEVE, desde que incorpore os reforços previstos na respectiva especificação técnica, tem uma excelente aptidão para receber cargas excêntricas;

obteve nos ensaios a classe de uso mais elevada sendo capaz de suportar 4000 N nas condições preconizadas nos ensaios;

os resultados obtidos em zona corrente foram também satisfatórios;

a única dificuldade relacionada com esta característica de desempenho prende-se com a necessidade de definir antecipadamente as zonas a reforçar (bem como a localização dos reforços) o que constitui uma limitação importante em comparação com soluções de alvenaria;

- f) facilidade de desmontagem;

a facilidade de desmontagem do sistema foi bem evidente no protótipo usado nos ensaios acústicos; a pregagem manual ou aparafusamento da placa a colocar em obra permite a inversão perfeita do processo de montagem tornando a desmontagem uma operação muito simples.

Alguns aspectos negativos do sistema MADLEVE deverão ser objecto de futuros estudos, destacando-se os seguintes:

- a) custo;

o custo do sistema MADLEVE é relativamente elevado quando comparado com soluções de alvenaria;

- b) reacção ao fogo;

a classe de reacção ao fogo das placas de MDF correntes é de acordo com a regulamentação portuguesa em vigor a classe M4; estas placas podem com algum agravamento de custo ser substituídas por placas de MDF das classes M2, M3 ou até M1;

- c) resistência ao fogo;

de acordo com a análise realizada as divisórias do sistema MADLEVE poderão atingir com alguma dificuldade a classe de resistência ao fogo CF 15; este valor limita também o seu uso a todos os locais onde não sejam exigíveis paredes de classes de resistência ao fogo de valores superiores;

d) desempenho acústico;

as divisórias do sistema MADLEVE atingiram na terceira campanha de ensaios o valor de R_w de 39 dB;

divisórias do sistema MADLEVE realizadas com placa dupla de MDF com 10 mm + 12 mm nas duas faces atingiram um R_w de 41 dB.

Em relação à viabilidade técnico-económica do sistema e como resultado de investigação efectuada pode-se concluir que:

- as divisórias do sistema MADLEVE realizadas com placa dupla de MDF de 10 mm + 12 mm são tecnicamente viáveis;

- a viabilidade económica do sistema deverá ser avaliada pelo mercado tendo em conta os custos referidos no capítulo 7 e os principais aspectos positivos e negativos do sistema atrás enunciados.

8.2 Principais resultados obtidos com a investigação efectuada

Os principais resultados obtidos com a investigação efectuada foram os seguintes:

- a) "Metodologia de avaliação da viabilidade de sistemas de prefabricação parcial";

concebeu-se uma metodologia de avaliação da viabilidade de sistemas de prefabricação parcial não necessariamente leves;

apresenta-se essa metodologia no sub-capítulo 5.2.; fez-se uma aplicação concreta da metodologia ao sistema MADLEVE que se apresenta nos capítulos 6 e 7;

- b) "Plano de avaliação da aptidão ao uso de sistemas de divisórias leves prefabricadas não resistentes";

concebeu-se um "plano de avaliação de aptidão ao uso de sistemas de divisórias leves prefabricadas não resistentes";

para esse efeito, sistematizaram-se no sub-capítulo 2.2 as exigências de desempenho de paredes interiores não resistentes; essas regras foram concretizadas no sub-capítulo 5.3 para o caso particular das divisórias leves prefabricadas não resistentes;

- c) aspectos originais do sistema concebido;

- c.1) ligação entre componentes;

nas divisórias leves prefabricadas realizadas com base em painéis de madeira e placas de revestimento também de derivados de madeira é corrente efectuar a ligação vertical entre painéis ao nível da estrutura da grade; isso pressupõe a realização de operações de fabrico ao nível do prumo de ligação de modo a permitir colocar machos postiços que assegurem a resistência ao corte (ver figura 8.1);

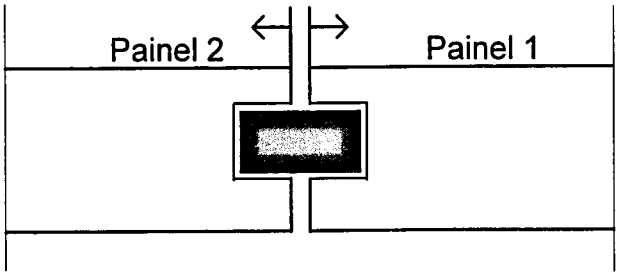


Figura 8.1 - Ligação com machos postiços

no sistema MADLEVE os esforços mecânicos são transmitidos pelas placas de MDF o que permite usar peças de pinho de secção perfeitamente rectangular;

este método de ligação permite ainda absorver tolerâncias de fabrico e montagem com alguma facilidade;

- c.2) modo de absorver tolerâncias de fabrico e montagem;

a utilização do material resiliente PKB2 permite melhorar o desempenho acústico e simultaneamente materializar uma junta vertical entre painéis com uma média de 15 mm de espessura o que permite absorver tolerâncias com grande facilidade e tornar a construção perfeitamente modulada. Isso deve-se à compressibilidade da junta;

analogamente é possível com o material resiliente aumentar a estanquidade ao ar da divisória para níveis muito elevados e absorver as deformações dos tectos sem esforçar as divisórias;

- c.3) modo de aplicação do absorvente acústico;

uma das novidades do sistema MADLEVE consiste na utilização de placas semi-rígidas de lã de vidro de pequena espessura de modo a preencher o espaço entre as placas de revestimento exterior de uma forma descontínua e com isso melhorar o coeficiente de amortecimento acústico da parede divisória;

foi possível provar experimentalmente que com esse processo, em relação à utilização de lã de rocha por processos tradicionais (encostada a uma das placas), se verificou uma melhoria sensível nas altas frequências embora sem grande repercussão ao nível do valor de R_w (só se conseguiu ganhar 1 dB);

- d) algumas conclusões sobre a avaliação do isolamento aos sons aéreos de divisórias de painéis de madeira;

na concepção do sistema MADLEVE seguiu-se na avaliação do R_w um critério muito simples e puramente baseado na massa do sistema; foi possível verificar com a terceira campanha de ensaios que este método não é adequado; o método permitiu avaliar o desempenho do sistema com grande rigor (39 dB na previsão e 39 dB na realidade) mas quando aplicado a situações com placa de revestimento em MDF dupla nas duas faces conduziu a uma previsão muito menos exacta (41 dB no ensaio e 44 dB na previsão);

a análise dos resultados dos ensaios acústicos permitiu confirmar a grande importância que os fenómenos de ressonância e coincidência têm sobre o isolamento sonoro aos sons aéreos;

na zona das altas frequências constatou-se com os ensaios realizados que o preenchimento da caixa de ar com um material absorvente acústico semi-rígido permite obter ganhos sensíveis no isolamento minimizando os efeitos de coincidência e de ressonância de cavidade.

8.3 Linhas de investigação futura

As principais linhas de investigação a desenvolver no futuro imediato são as seguintes:

- a) novas soluções de sistemas prefabricados leves para edifícios;

a metodologia desenvolvida para apoiar a concepção do sistema MADLEVE e os estudos de carácter geral sobre "prefabricação e sistemas em edifícios" apresentados no capítulo 2 podem fornecer uma base de raciocínio para

conceber novos sub-sistemas de prefabricação parcial leve; essa poderá ser uma linha de Investigação a explorar no futuro;

- b) investigação fundamental em prefabricação;

os estudos de carácter geral efectuados na área da prefabricação poderão servir de embrião ao desenvolvimento de novos programas de investigação em áreas afins; prevê-se implementar programas de investigação em outros domínios da prefabricação, nomeadamente a prefabricação pesada de componentes de betão armado e pré-esforçado para as mais diversas utilizações;

igualmente se prevê implementar estudos de investigação fundamental nas áreas de "tolerâncias de construção em edifícios"; "juntas em edifícios" e "coordenação dimensional modular em edifícios";

paralelamente pretende-se também continuar os estudos realizados na área da aplicação dos conceitos e teoria de sistemas aos edifícios (de acordo com as definições apresentadas no capítulo 2);

- c) novos desenvolvimentos para o sistema MADLEVE

o sistema MADLEVE é um sistema de divisórias leves de madeira que pode ser aplicado essencialmente em "casas leves prefabricadas";

em relação ao protótipo desenvolvido muito ficou por fazer, nomeadamente:

- pormenorizar uma solução esteticamente aceitável em que a placa a montar em obra seja aparafusada;
- pormenorizar novas soluções de acabamento;
- pormenorizar e avaliar o desempenho acústico de soluções para outros níveis exigenciais (soluções de parede dupla, revestimentos decorativos de alvenarias);
- pormenorizar soluções aplicáveis em zonas húmidas (cozinhas, instalações sanitárias e paredes de duplicação de fachada);
- avaliar o desempenho acústico de paredes do sistema MADLEVE revestidas nas duas faces com placas de gesso cartonado com junta revestida a argamassa colocada em obra;

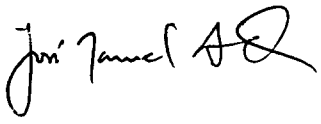
- d) investigação fundamental em isolamento aos sons aéreos de soluções de divisória simples não homogénea;

realizou-se no âmbito desta tese uma campanha de ensaios com algum significado;

o protótipo desmontável do sistema MADLEVE usado nos ensaios acústicos ainda pode continuar a ser usado;

tornou-se óbvio que na avaliação do desempenho acústico de divisórias simples não homogéneas com características análogas ao sistema MADLEVE é fundamental caracterizar com algum rigor os modos próprios de vibração da parede pelo que se pretende desenvolver investigação fundamental nesta área que permita explicar os resultados obtidos e fornecer ferramentas úteis a aplicar na concepção de divisórias leves prefabricadas.

FEUP, Abril de 1996



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ABRANTES, VÍTOR; AMORIM FARIA, J. - 1994 - ***"A Integração Europeia e a Normalização"*** - Materiais de Construção nº 54 - Ano XI - Julho/Agosto 1994 - APCMC, Porto

[2] ABRANTES, VÍTOR; URAL, O. - 1989 - ***"Innovative housing practices - Better housing through innovative technologies and financing"*** - Proceedings of the IAHS World Congress on Housing - Porto, Portugal, 23-27 October - Pergamon Press

[3] ALLEN, EDWARD - 1985 - ***"The Professional Handbook of Building Construction"*** - John Wiley and sons, New York

[4] American Society for testing and materials (ASTM) - 1989 - ***"Standard practice for installing sound-isolating lightweight partitions"*** - E497-89 - ASTM Book of Standards 1994 (vol 04.06)

[5] American Society for testing and materials (ASTM) - 1993 - ***"Standard Practice for architectural application and installation of operable partitions"*** - E557-93 - ASTM Book of Standards 1994 (vol 04.06)

[6] American Society for testing and materials (ASTM) - 1990 - ***"Standard specification for installation of load-bearing (transverse and axial) steel studs and related accessories"*** - C1007-90 - ASTM Book of Standards 1994 (vol 04.01)

[7] American Society for testing and materials (ASTM) - 1989 - ***"Standard test method for specular gloss"*** - D523-89 - ASTM Book of Standards 1994 (vol 06.01)

[8] American Society for testing and materials (ASTM) - 1993 - ***"Standard test method for calculation of color differences from instrumentally measured color coordinates"*** - D2244-93 - ASTM Book of Standards 1994 (vol 06.01)

[9] AMORIM FARIA, J. - 1992 - ***"Divisórias leves em edifícios"*** - Comunicação às 1ª Jornadas de Construções Civis - FEUP, Porto, Dezembro de 1992

[10] AMORIM FARIA, J. - 1993 - ***"Prefabricação leve em edifícios"*** - Comunicação às 2ª Jornadas de Construções Civis - FEUP, Porto, Dezembro de 1993

[11] AMORIM FARIA, J. - 1996 - ***"Divisórias leves prefabricadas - Ensaios de choque e de cargas suspensas - Fichas de ensaio"*** - Relatório NCCt - LNEC, Lisboa

[12] AMORIM FARIA, J. - 1996 - ***"Sistema de divisórias leves MADLEVE - Especificação técnica e campanha de ensaios de avaliação do desempenho"*** - Relatório NCCt - LNEC, Lisboa

[13] ANDERSON, L.O. - 1973 - ***"How to build a wood-frame house"*** - Dover Publications - New York

[14] Associação de Empresas de Construção e Obras Públicas do Sul (AECOPS) - 1994 - ***"Relatório AECOPS da Construção"*** - AECOPS, Lisboa

[15] Association Française de Normalisation (AFNOR) - 1985 - ***"Normes de performance dans le bâtiment. Présentation des performances des cloisons non-porteuses construites avec des composants de même origine"*** - NF P05-311 - AFNOR, Paris

[16] Association Française de Normalisation (AFNOR) - 1986 - ***"Cloisons construites avec des composants - essais de résistance aux chocs"*** - NF P08-311 - AFNOR, Paris

[17] Association Française de Normalisation (AFNOR) - 1986 - ***"Essais de résistance aux pressions et dépressions statiques engendrées par le vent et battements de porte"*** - NF P08-312 - AFNOR, Paris

[18] Association Française de Normalisation (AFNOR) - 1991 - ***"Essais de choc sur parois verticales des constructions. Définitions des corps de choc. Modalités des essais de choc"*** - NF P08-301 - AFNOR, Paris

[19] Association Française de Normalisation (AFNOR) - 1981 - ***"Plaques de parement en plâtre: Définition, spécifications et essais"*** - NF P72-302 - AFNOR, Paris

[20] Association Française de Normalisation (AFNOR) -1989 - ***"Panneaux à base de bois"*** - Recueil de normes - AFNOR, Paris

[21] BAYON, RENÉ - 1976 - ***"Les cloisons dans le bâtiment - Aide-mémoire du déscripteur"*** - Éditions Eyrolles , Paris

[22] BÂTIMAT - 1989 - ***"Innovations et tendances technologiques dans le bâtiment"*** - Bâtimat 1989, Paris

[23] BEZELGA, A. - 1984 - ***"Edifícios de habitação - caracterização e estimação técnico-económica"*** - Imprensa Nacional Casa da Moeda, Lisboa (tese de Doutoramento)

[24] BLACHÈRE, G. - 1974 - ***"Savoir bâtir"*** - Éditions Eyrolles, Paris

[25] British Board of Agrément (BBA) - 1992 - ***"Clestra Hauserman relocatable partition systems"*** - BBA Agrement Certificate nº 87/1874 - BBA, Garston, U.K.

[26] British Gypsum (BG) - 1981 - ***"British Gypsum White Book"*** - Technical Manual of building products - 4th edition - BG, Nottingham

[27] British Gypsum (BG) - 1991 - ***"Demountable partition"*** - BG, Loughborough

[28] British Gypsum (BG) - 1991 - ***"Laminated partition"*** - BG, Loughborough

[29] British Gypsum (BG) - 1991 - ***"Metal stud partition"*** - BG, Loughborough

[30] British Gypsum (BG) - 1991 - ***"Metal stud separating wall"*** - BG, Loughborough

[31] British Gypsum (BG) - 1991 - ***"Twin frame, high performance walls"*** - BG, Loughborough

[32] British Gypsum (BG) - 1992 - ***"Paramount dry partition"*** - BG, Loughborough

[33] British Gypsum (BG) - 1992 - ***"Shaftwall system"*** - BG, Loughborough

[34] British Gypsum (BG) - 1992 - ***"Staggered stud partition"*** - BG, Loughborough

[35] British Gypsum (BG) - 1993 - ***"Gypwall"*** - BG, Loughborough

[36] British Gypsum (BG) - 1993 - ***"Partition and walls application guide"*** - BG, Loughborough

[37] British Gypsum (BG) - 1994 - ***"Firewalls"*** - BG, Loughborough

[38] British Standards Institution (BSI) - 1986 - ***"Building - Dimensional coordination"*** - BS 6750 - BSI, London

[39] British Standards Institution (BSI) - 1992 - ***"Partitions: Code of practice for design and installation (including matching linings)"*** - BS 5234.1 - BSI, London

[40] British Standards Institution (BSI) - 1992 - ***"Partitions: Specification for performance requirements"*** - BS 5234.2 - BSI , London

[41] British Standards Institution (BSI) - 1985 - ***"Gypsum plasterboard: Specification for plasterboard excluding materials submitted to secondary operations"*** - BS 1230.1 - BSI, London

[42] British Standards Institution (BSI) - 1988 - ***"British standard code of practice for dry linings and partitioning using gypsum plasterboard"*** - BS 8212 - BSI, London

[43] British Standards Institution (BSI) - 1989 - ***"Plasterboard: Workmanship on building sites. Code of practice for plasterboard partitions and dry linings"*** - BS 8000.8 - BSI, London

[44] British Standards Institution (BSI) - 1970 - ***"Specifications for prefabricated gypsum wallboard panels"*** - BS 4022 - BSI, London

[45] British Standards Institution (BSI) - 1987 - ***"Code of pratice for sound insulation and noise reduction for buildings"*** - BS 8233 - BSI, London

[46] British Standards Institution (BSI) - 1988 - ***"Structural use of timber. Part 6: Code of pratice for timber frame walls. Section 6.1: Dwellings not exceeding three storeys"*** - BS 5268.6.1 - BSI, London

[47] British Standards Institution (BSI) - 1988 - ***"Structural use of timber. Part 2: Code of pratice for stress design, materials and workmanship"*** - BS 5268.2 - BSI, London

[48] British Standards Institution (BSI) - 1990 - ***"Structural use of timber. Part 4: Fire resistance of timber structures. Section 4.2: Recommendations for calculating fire resistance of timber stud walls and joisted floor constructions"*** - BS 5268.4.2 - BSI, London

[49] BROSSY, V.; FONTAN, J. - 1985 - ***"Structures bois et principes de conception"*** - Cahiers du CSTB, nº 2034, 11/85, liv. 264 - CBTS, Paris

[50] Building Research Establishment (BRE) - 1993 - ***"Supplementary guidance for assessment of timber framed houses. Part 1: Examination"*** - GBG 11 - BRE, Garston, U.K.

[51] Building Research Establishment (BRE) - 1993 - ***"Supplementary guidance for assessment of timber framed houses. Part 2: Interpretation"*** - GBG 12 - BRE, Garston, U.K.

[52] Building Research Establishment (BRE) - 1985 - ***"Improving the sound insulation of separating walls and floors"*** - BRE Digest 293 - BRE, Garston, U.K.

[53] Building Research Establishment (BRE) - 1988 - ***"Sound insulation of separating walls and floors - Part 1: Walls"*** - BRE Digest 333 - BRE, Garston, U.K.

[54] Building Research Establishment (BRE) - 1988 - ***"Sound insulation of separating walls and floors - Part: 2: Floors"*** - BRE Digest 334 - BRE, Garston, U.K.

[55] Building Research Establishment (BRE) - 1988 - ***"Sound insulation - Basic principles"*** - BRE Digest 337 - BRE, Garston, U.K.

[56] Building Research Establishment (BRE) - 1988 - ***"Insulating against external noise"*** - BRE Digest 338 - BRE, Garston, U.K.

[57] Building Research Establishment (BRE) - 1989 - ***"Sound insulation of lightweight dwellings"*** - BRE Digest 347 - BRE, Garston, U.K.

[58] Bureau Veritas - 1992 - ***"Guide veritas du Bâtiment (4 volumes)"*** - Éditions du Moniteur, Paris

[59] BYRNE, G.; PORTAS, N. - 1970 - ***"Racionalização do processo de projecto: coordenação dimensional e modular"*** - Relatório 82/1/4031, Julho 1970 - LNEC, Lisboa

[60] Canada Mortgage and Housing Corporation (CHMC) - 1979 - ***"Canadian wood - frame house constructions"*** - CHMC, Canada

[61] CANHA DA PIEDADE, A. - 1982 - ***Comportamento térmico de Edifícios - Ensaio de aplicação a edifícios escolares"*** - IST, Lisboa (tese de Doutoramento)

[62] CARVALHO LUCAS, J. - 1987 - ***"Revestimentos para paramentos interiores de paredes de alvenaria de blocos de betão celular autoclavado"*** - Relatório 109/87 (Tese) - LNEC, Lisboa

[63] CARVALHO LUCAS, J. - 1990 - ***"Classificação e descrição geral de revestimentos para paredes de alvenaria ou de betão"*** - ITE 24 - LNEC, Lisboa

[64] CARVALHO LUCAS, J. - 1990 - ***"Exigências funcionais de revestimentos de parede"*** - ITE 25 - LNEC, Lisboa

[65] CARRUTHERS, J. - 1982 - ***"Classifying the performance of components by usage"*** - Third ASTM/CIB/RILEM Symposium on the Performance Concept in Building: vol 1 (p. 161-172) - LNEC, Lisboa

[66] Centre d' Assistance Technique et de Documentation (CATED) - 1980 - ***"Systèmes constructifs"*** - CATED, Paris

[67] Centre d' Assistance Technique et de Documentation (CATED) - 1982 - ***"Les maisons à ossature bois"*** - Éditions de Moniteur, Paris

[68] Centre d' Assistance Technique et de Documentation (CATED) - 1985 - ***"Meilleur étanchéité à l'air des constructions:les enjeux,les réponses de l'ossature bois"*** - CATED , Paris

[69] Centre d'Assistance Technique et de Documentation (CATED) - 1986 - ***"Cloisons, plafonds"*** - Éditions de Moniteur, Paris

[70] Centre d' Assistance Technique et de Documentation (CATED) - 1992 - ***"Tolérances dimensionnelles"*** - CATED, Paris

[71] Centre d' Assistance Technique et de Documentation (CATED) - 1993 - ***"Cloisons pour le tertiaire"*** - CATED, Paris

[72] Centre d'Études et de Recherche de L'Industrie du Béton Manufacturé (CERIB) - 1990 - ***"Open industrialization: A solution for building modernization"*** - Conference Proceedings - CERIB, Épernon, France

[73] Centre Technique du Bois et Ameublement (CTBA) - 1981 - ***"Maisons à ossature bois ou à colombage"*** - Cahier nº 117 - CTBA, Paris

[74] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) - 1983 - ***"Technologies innovantes dans le bâtiment"*** - Compte rendus du colloque international - CSTB, Paris

[75] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) - 1987 - ***"Le bois dans la construction",*** CSTB Magazine nº 8, Octobre 1987, CSTB, Paris

[76] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) - 1987 - ***"Guide de la consultation sur avant-project performanciel"*** - CSTB, Paris

[77] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) - 1990 - ***"Manuel des performances - Tome II: L'enveloppe horizontale. Les cloisons et distributions intérieures"*** - CSTB, Paris

[78] CHEMILLIER, P. - 1977 - ***"Les techniques du bâtiment et leur avenir"*** - Éditions du Moniteur, Paris

[79] CHEMILLIER, P. - 1986 - ***"Sciences et bâtiment. La démarche scientifique appliquée à la construction"*** - CSTB, Paris

[80] CHING, FRANCIS D.K. - 1991 - ***"Building construction illustrated"*** -Van Nostrand Reinhold, New York

[81] Commission des Communautés Européennes (CEE); Conseil International do Bâtiment pour la Recherche, L'Étude et la Documentation (CIB); Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) - 1988 - ***"Exigences et performances dans la construction - Colloque International: Vol 1 - Documents Introductifs"*** - CSTB, Paris

[82] Comissão das Comunidades Europeias (CEE) - 1983 - ***"Directiva do Conselho nº 83/189/CEE de 83/03/28"*** - Jornal oficial das Comunidades Europeias nº L109 de 26/4/83 (p8)

[83] Comissão das Comunidades Europeias (CEE) - 1989 - ***"Directiva do Conselho nº 89/106/CEE"*** - Directiva Produtos da Construção (DPC) - Jornal oficial das Comunidades Europeias nº L40 de 11/02/89 (p13) - Bruxelles

[84] Comissão das Comunidades Europeias (CEE) - 1993 - ***"Directiva do Conselho nº 93/68/CEE de 27/7/93"*** - Jornal oficial das Comunidades Europeias nº L220 de 30/8/93 (p1), Bruxelles

[85] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - prEN YYY1-1: ***"Fire Resistance tests - Elements of Building Construction: Part 1: General Requirements for fire - resistance testing"*** - CEN/TC127 - CEN, Bruxelles

[86] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - prEN YYY1-2: ***"Fire Tests for Building Elements and Components - Fire Resistance Testing. Part 2: Alternative heating conditions and qualifying procedures to be adopted under special circumstances"*** - CEN/TC127 - CEN, Bruxelles

[87] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - prEN YYY2-1: ***"Fire Resistance Tests on non-loadbearing elements in buildings - Part 1: Partitions"*** - CEN/TC127 - CEN, Bruxelles

[88] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of buildings elements: Part 3 - Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements"*** - EN 20140.3 - CEN, Bruxelles

[89] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room"*** - EN 20354 - CEN, Bruxelles

[90] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements: Part 1 - Airborne sound insulation"*** - EN 20717.1 - CEN, Bruxelles

[91] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method"*** - CEN/TC 89 N 302E - CEN, Bruxelles

[92] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1994 - ***"Building materials - Determination of water vapour transmission properties"*** - CEN/TC 89 N 336E - CEN, Bruxelles

[93] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Guidelines for good moisture performance and calculation method for water vapour diffusion through building components"*** - CEN/TC 89 N 249E - CEN, Bruxelles

[94] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Resilient floor coverings - Determination of the effects of stains"*** - EN 423 - CEN, Bruxelles

[95] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - ***"Wood based panels - Determination of formaldehyde content - Extraction method called the perforator method"*** - EN 120 - CEN, Bruxelles

[96] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - ***"Wood based panels - Determination of modulus of elasticity in bending strength"*** - EN 310 - CEN, Bruxelles

[97] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - ***"Wood based panels - Determination of moisture content"*** - EN 322 - CEN, Bruxelles

[98] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - ***"Wood based panels: Determination of density"*** - EN 323 - CEN, Bruxelles

[99] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - ***"Wood based panels: Determination of dimensions of boards. Part 1: Determination of thickness, width and length"*** - EN 324.1 - CEN, Bruxelles

[100] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - ***"Wood based panels: Determination of dimensions of boards. Part 2: Determination of squareness and edge straightness"*** - EN 324.2 - CEN, Bruxelles

[101] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - ***"Wood based panels: Determination of dimensions of boards - Determination of dimensions of test pieces"*** - EN 325 - CEN, Bruxelles

[102] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - ***"Wood based panels: Sampling, cutting and inspection. Part 1: Sampling and cutting of test pieces and expression of test results"*** - EN 326.1 - CEN, Bruxelles

[103] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Wood fibreboards: Definition, classification and symbols"*** - EN 316 - CEN, Bruxelles

[104] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Fibreboards: Determination of dimensional changes associated with changes in relative humidity"*** - EN 318 - CEN, Bruxelles

[105] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Fibreboards: Determination of resistance to axial withdrawal of screws"*** - EN 320 - CEN, Bruxelles

[106] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - ***"Fibreboards: Cyclic test in humid conditions"*** - EN 321 - CEN, Bruxelles

[107] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - ***"Fibreboards: Determination of surface absorption. Part 1: test method for dry process fibreboards"*** - EN 382.1 - CEN, Bruxelles

[108] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Particleboards and fibreboards: Determination of swelling in thickness after immersion in water"*** - EN 317 - CEN, Bruxelles

[109] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Particleboards and fibreboards: Determination of tensile strenght perpendicular to the plane of the board"*** - EN 319 - CEN, Bruxelles

[110] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1994 - ***"Fibreboards - Specifications. Part 1: General Requirements"*** - prEN 622.1 - CEN, Bruxelles

[111] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1994 - ***"Fibreboards - Specifications. Part 5: Requirements for dry process boards (MDF)"*** - prEN 622.5 - CEN, Bruxelles

[112] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1994 - ***"Durability of wood and wood based products - Definition of hazard classes of biological attack. Part 3 - Application to wood-based panels"*** - prEN 335.3 - CEN, Bruxelles

[113] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - ***"Durability of wood and wood based products - Definition of hazard classes of biological attack. Part 1 - General"*** - EN 335.1 - CEN, Bruxelles

[114] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Durability of wood and wood-based products - Natural durability of solid wood. Part 1 - Guide to the principles of testing and classification of the natural durability of wood"*** - prEN 350.1 - CEN, Bruxelles

[115] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1994 - ***"Durability of wood and wood-based products - Natural durability of solid wood. Part 2 - Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe"*** - EN 350.2 - CEN, Bruxelles

[116] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1994 - ***"Symbols for use in documentation in timber and wood-based products"*** - prEN 1438 - CEN, Bruxelles

[117] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1992 - ***"Durability of wood and wood-based products - Definition of hazard classes of biological attack. Part 1: General"*** - EN 335.1 - CEN, Bruxelles

[118] Comité Européen de Normalisation (CEN) - 1993 - ***"Eurocode 5 - Design of Timber structures - part 1.1: General rules and rules for buildings"*** - ENV 1995-1-1 - CEN, Bruxelles

[119] Commission chargée de formuler des avis techniques sur des procédés, matériaux,éléments ou équipements utilisés dans la construction - 1981 - ***"Avis sur le revêtement mural POLYPREY-POLYREY compact"*** - AT nº2/84-81 - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Paris ,

[120] Commission chargée de formuler des avis techniques sur des procédés, matériaux,éléments ou équipements utilisés dans la construction - 1990 - ***"Avis sur le procédé de maisons MULTI 30SIE"*** - AT nº2/90-216 - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Paris

[121] Commission chargée de formuler des avis techniques sur des procédés, matériaux,éléments ou équipements utilisés dans la construction - 1986 - ***"Cloison Fontex SONOMO UNIVERSEL"*** - AT nº2/86-124 - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Paris

[122] Commission chargée de formuler des avis techniques sur des procédés, matériaux,éléments ou équipements utilisés dans la construction - 1981 - ***"Avis sur les cloisons DECIMUR",*** DECI-FORMAT - AT nº10/81-20 - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Paris

[123] Commission chargée de formuler des avis techniques sur des procédés, matériaux,éléments ou équipements utilisés dans la construction - 1981 - ***"Avis sur la cloison SOPALAND"*** - AT nº 10/81-19 - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Paris

[124] Commission chargée de formuler des avis techniques sur des procédés, matériaux,éléments ou équipements utilisés dans la construction - 1979 - ***"Avis sur la cloison PANOXYL"*** - AT nº10/79 - 18 - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Paris

[125] Commission chargée de formuler des avis techniques sur des procédés, matériaux,éléments ou équipements utilisés dans la construction - 1979 - ***"Avis sur la cloison NOVOBLOC"*** - AT nº 10/79-17 - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Paris

[126] Commission chargée de formuler des avis techniques sur des procédés, matériaux,éléments ou équipements utilisés dans la construction - 1979 - ***"Avis sur la cloison C.R."*** - AT nº10/79-16 - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Paris

[127] Commission chargée de formuler des avis techniques sur des procédés, matériaux, éléments ou équipements utilisés dans la construction - 1979 - ***"Avis sur la cloison ROUFICLOISON"*** - AT nº10/79-15 - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) ,Paris

[128] Conseil International du Bâtiment pour la recherche, l'etude et la documentation (CIB) - 1989 - ***"CIB W49 Tolerances and FIG Commission 6 Engineering Surveys - 2 CIB Working Papers"*** - CIB Publication 112, CIB, Rotterdam

[129] Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes (CSOPT) - 1985 - ***"Regras de qualidade térmica de edifícios"*** - CSOPT, Lisboa

[130] CORREIA DA SILVA, J.J. - 1994 - ***"Desenvolvimento de modelo de previsão do comportamento de uma parede em relação ao isolamento aos sons aéreos"*** - Dissertação apresentada à FEUP para obtenção do grau de Mestre - 3º Mestrado em Construção de Edifícios - FEUP, Porto

[131] COSTES, J. - 1974 - ***"Le plâtre traditionel et moderne"*** - Eyrolles, Paris

[132] CRUZ, H.; SAPORITI MACHADO, J. - 1993 - ***"Proposta para o estabelecimento de classes de qualidade para a madeira de pinheiro bravo para estruturas e respectivos valores característicos de resistência mecânica"*** - ITES 9 - LNEC, Lisboa

[133] Deutsches Institut für Nörmung e.V. (DIN) - 1984 - ***"Internal non-loadbearing partitions. Part 1: Requirements,testing"*** - DIN 4103.1, Beuth-Verlag GmbH, Berlin (Versão em inglês)

[134] Deutsches Institut für Nörmung e.V. (DIN) - 1985 - ***"Internal non-loadbearing partitions. Part 2: Gypsum wallboard partitions"*** - DIN 4103.2, Beuth-Verlag GmbH, Berlin (Versão em inglês)

[135] Deutsches Institut für Nörmung e.V. (DIN) - 1988 - ***"Internal non-loadbearing partitions. Part 4: Partitions with timber framing"*** - DIN 4103.4, Beuth-Verlag GmbH, Berlin (Versão em inglês)

[136] Deutsches Institut für Nörmung e.V. (DIN) - 1988 - ***"Prefabricated gypsum plasterboard. Metal stud partitions"*** - DIN 18183, Beuth-Verlag GmbH , Berlin (Versão em inglês)

[137] D'HAVÉ, R.; SPEHL, PIERRE; GERON, G. - 1982 - ***"Méthodes de comparaison et de classement des offres sur base des performances"*** - 3rd ASTM/CIB/RYLEM Symposium on Performance Concept in Building - Proceedings - Vol. 2 (p53-64) - LNEC, Lisboa

[138] D'HAVÉ, R.; SPEHL, PIERRE - 1982 - ***"Le guide des performances du bâtiment"*** - 3rd ASTM/CIB/RYLEM Symposium on Performance Concept in Building - Proceedings - Vol. 2 (p65-74) - LNEC, Lisboa

[139] D'HAVÉ, R. - 1982 - ***"Methods of deriving performance requirements and criteria for materials, elements and components"*** - 3rd ASTM/CIB/RYLEM Symposium on Performance Concept in Building - Proceedings - Vol. 2 (p41-52) - LNEC, Lisboa

[140] ESPAÑA, Ministério de las Obras Públicas y Urbanismo (MOPU) - 1989 - ***"Fachadas. Partitiones"*** - Dirección General para la Vivienda y Arquitetura - Centro de Publicaciónes MOPU, Madrid

[141] Euro MDF Board (EMB) - 1993 - ***"MDF: A user's manual",*** EMB - Giessem, Germany

[142] European Organisation for Technical Approvals (EOTA) - 1994 - ***"Guideline for European Technical Approval of Internal Partition Systems for use as non-loadbearing walls"*** - WG 05.05/01, Internal Partition Systems - EOTA, Draft 1994.11.18

[143] European Organisation for Technical Approvals (EOTA) - 1994 - ***"Guideline for European Technical Approval of Internal Partition Systems for use as non-loadbearing walls"*** - WG 05.05/01, Internal Partition Systems - EOTA, Draft 1994.06.06

[144] European Organisation for Technical Approvals (EOTA) - 1994 - **"ETA for systems or system components - System ETA"** - Project Team "System ETA" - EOTA, 1994.04.25 (Second Draft)

[145] FAHY, FRANK - 1985 - ***"Sound and structural vibration. Radiation, transmission and response"*** - Academic Press, Harcourt Brace, Jovanovich Publishers, London

[146] FERNANDES, A. - 1986 - ***"Qualidade de materiais e componentes"*** - 1º Encontro Nacional sobre Qualidade na Construção, Relatos preliminares, p. 49-72 - LNEC, Lisboa

[147] FERRY BORGES, J. - 1988 - ***"Qualidade na Construção"*** - Curso 167 - LNEC, Lisboa

[148] FONTAN, J. - 1990 - ***"Façades légères à ossature en bois ou en acier"*** - Cahiers du CSTB, nº 2383, Jan/Fév. 1990 - CSTB, Paris

[149] FREITAS, VASCO - 1992 - ***"Transferência de humidade em paredes de edifícios - Análise do fenómeno de interface"*** - FEUP, Porto

[150] GAUZIN-MÜLLER, DOMINIQUE - 1990 - ***"Le bois dans la construction"*** - Éditions du Moniteur, Paris

[151] GOETZ, K. ; HOOR, D.; MOEHLER, K.; NATTERER, J. - 1989 - ***"Timber design and construction sourcebook. A comprehensive guide to methods and practice"*** - Macgraw-hill, New York (Tradução do original alemão "HOLZBAU ATLAS", 1978)

[152] GOMES, RUY JOSE - 1978 - ***"Necessidades humanas e exigências funcionais de habitação"*** - Memória nº 501 - LNEC, Lisboa

[153] GRAYSON, M. - 1983 - ***"Encyclopedia of composite materials and components"*** - John Wiley and sons , New York

[154] Groupe de Coordination des textes techniques - 1981 - ***"Ouvrages en plaques de parement en plâtre (plaques à faces cartonnées)"*** - Document Technique Unifié (DTU) 25.41 - Centre Scientifique et technique du Bâtiment (CSTB), Paris

[155] Groupe de Coordination des textes techniques - 1989 - ***"Ouvrages de doublage et habillage en complexes et sandwichs de plaques de parement en plâtre-isolant"*** - Document Technique Unifié (DTU) 25.42 - Centre Scientifique et technique du Bâtiment (CSTB) , Paris

[156] Groupe de Coordination des textes techniques - 1989 - ***"Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois"*** - Document Technique Unifié (DTU) 31.2 - Centre Scientifique et technique du Bâtiment (CSTB), Paris

[157] HENN, WALTER - 1971 - ***"Tabiques - Problemas técnicos y ejemplos"*** - Trad. espanhola de Arq. Buenaventura Basseguda - Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona

[158] HÖMMERICH, HEINZ - 1988 - ***"Holzarchitektur im detail: traditionelle und neuzeitliche holzverbindungen"*** - Rudolf Müller, Köln

[159] Instituto Português da Qualidade (IPQ) - 1991 - ***"Modulação das construções. Directivas fundamentais"*** - NP 88 - IPQ, Lisboa

[160] Instituto Português da Qualidade (IPQ) - 1988 - ***"Métodos de ensaio de janelas - Ensaios de permeabilidade ao ar"*** - NP 2333 - IPQ, Lisboa

[161] Instituto Português da Qualidade (IPQ) - 1994 - ***"Durabilidade da madeira e de produtos derivados - Durabilidade natural da madeira maciça. Guia de exigências de durabilidade das madeiras na sua utilização segundo as classes de risco"*** - NP EN 460 - IPQ, Lisboa

[162] Instituto Português da Qualidade (IPQ) - 1994 - ***"Durabilidade da madeira e de produtos derivados - Definição das classes de risco de ataque biológico. Parte 2: Aplicação à madeira maciça"*** - NP EN 335.2 - IPQ, Lisboa

[163] Instituto Português da Qualidade (IPQ) - 1974 - ***"Acústica - Ensaios de transmissão dos ruídos aéreos e de percussão"*** - NP 669 - IPQ, Lisboa (em revisão)

[164] Instituto Português da Qualidade (IPQ) - 1992 - ***"Acústica - Determinação em câmara reverberante do coeficiente de absorção e da área sonora equivalente"*** - NP 670 - IPQ, Lisboa

[165] Instituto Português da Qualidade (IPQ) - 1986 - ***"Acústica - Vocabulário. Parte 1: Definições gerais"*** - NP 3225.1 - IPQ, Lisboa

[166] Instituto Português da Qualidade (IPQ) - 1983 - ***"Acústica - Critérios de quantificação do isolamento sonoro em edifícios"*** - NP 2073 - IPQ, Lisboa (em revisão)

[167] Instituto Português da Qualidade (IPQ) - 1979 - ***"Normalização e certificação - Vocabulário fundamental"*** - NP 1620 - IPQ, Lisboa

[168] Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de S. Paulo S.A. (IPT); Conseil International du Bâtiment pour la Recherche, L'Étude et la Documentation (CIB); Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade da Construção (ITQC) - 1994 - ***"Importance of technical approval in the civil construction quality development - Proceedings"*** - IPT, 22/23 Junho, S. Paulo, Brasil

[169] Interdepartmental Sub-comitee for Component Coordination - 1970 - ***"Performance requirements for opaque non loadbearing partitions"*** - Technical note nº 3, London

[170] International Organization for Standardization (ISO) - 1988 - ***"Vertical building elements : Impact resistance tests,impact bodies and general test procedures "*** - ISO 7892 - ISO, Genève, Suisse

[171] International Organization for Standardization (ISO) - 1987 - ***"Partitions made of components - test for resistance to wind (static pressure and slamming doors)"*** - ISO 7894 - ISO, Genève, Suisse

[172] International Organization for Standardization (ISO) - 1990 - ***"Performance standards in building. Partitions made of components: impact resistance tests"*** - ISO DIS 7893.2 - ISO - Genève, Suisse

[173] International Organization for Standardization (ISO) - 1990 - ***"Performance standards in building. Partitions made from components: tests for ability to withstand suspended static loads"*** - ISO DIS 8413 - ISO, Genève, Suisse

[174] International Organization for Standardization (ISO) - 1980 - ***"Performance standards in building. Contents and presentation"*** - ISO 6240 - ISO - Genève, Suisse

[175] International Organization for Standardization (ISO) - 1984 - ***"Performance standards in building. Principles for their preparation and factors to be considered"*** - ISO 6241 - ISO, Genève, Suisse

[176] International Organization for Standardization (ISO) - 1992 - ***"Building construction. Expression of user's requirements. Part 1: Thermal requirements"*** - ISO 6242.1 - ISO - Genève, Suisse

[177] International Organization for Standardization (ISO) - 1992 - ***"Building construction. Expression of user's requirements. Part 2: Air purity requirements"*** - ISO 6242.2 - ISO, Genève, Suisse

[178] International Organization for Standardization (ISO) - 1992 - ***"Building construction. Expression of user's requirements. Part 3: Acoustical requirements"*** - ISO 6242.3 - ISO, Genève, Suisse

[179] International Organization for Standardization (ISO) - 1990 - ***"Performance standards in building. Compliance with performance requirements of non-loadbearing partitions made from components from the same source"*** - ISO 7360.2 - ISO, Genève, Suisse

[180] International Organization for Standardization (ISO) - 1992 - ***"Normes de performances dans le bâtiment. Critére et presentation des normes d'évaluation des performances"*** - ISO 7162 - ISO, Genève, Suisse

[181] International Organization for Standardization (ISO) - 1983 - ***"Building construction. Vocabulary"*** - ISO 1791 - ISO, Genève, Suisse

[182] International Organization for Standardization (ISO) - 1985 - ***"Building construction. Tolerances - Vocabulary: General terms"*** - ISO 1803.1 - ISO, Genève, Suisse

[183] International Organization for Standardization (ISO) - 1986 - ***"Building construction. Tolerances - Vocabulary: Derived terms"*** - ISO 1803.2 - ISO, Genève, Suisse

[184] International Organization for Standardization (ISO) - 1979 - ***"Tolerances for building. Part 1: Basic principles for evaluation and specification"*** - ISO 3443.1 - ISO, Genève, Suisse

[185] International Organization for Standardization (ISO) - 1979 - ***"Tolerances for building. Part 2: Statistical basis for predicting fit between components having a normal distribution of sizes"*** - ISO 3443.2 - ISO, Genève, Suisse

[186] International Organization for Standardization (ISO) - 1987 - ***"Tolerances for building. Part 3: Procedures for selecting target size and predicting fit"*** - ISO 3443.3 - ISO, Genève, Suisse

[187] International Organization for Standardization (ISO) - 1986 - ***"Tolerances for building. Part 4: Method for predicting deviations of assemblies and for association of tolerances"*** - ISO 3443.4 - ISO, Genève, Suisse

[188] International Organization for Standardization (ISO) - 1982 - ***"Building construction - Tolerances for building. Part 5: Series of values to be used for specification of tolerances"*** - ISO 3443.5 - ISO, Genève, Suisse

[189] International Organization for Standardization (ISO) - 1986 - ***"Tolerances for building. Part 6: General principles for approval criteria, control of conformity with dimensional tolerance, specification and statistical control - Method 1"*** - ISO 3443.6 - ISO, Genève, Suisse

[190] International Organization for Standardization (ISO) - 1988 - ***"Tolerances for building. Part 7: General principles for approval criteria, control of conformity with dimensional tolerance specification and statistical control - Method 2"*** - ISO 3443.7 - ISO, Genève, Suisse

[191] International Organization for Standardization (ISO) - 1986 - ***"Tolerances for building. Part 8: Dimensional inspection and control of construction work"*** - ISO 3443.8 - ISO, Genève, Suisse

[192] International Organization for Standardization (ISO) - 1980 - ***"Tolerances for building. Relationship between the different types of deviations and tolerances used for specification"*** - ISO 4464 - ISO, Genève, Suisse

[193] International Organization for Standardization (ISO) - 1985 - ***"Tolerances for building. - Indication of tolerances on building and civil engineering drawings"*** - ISO 6284 - ISO, Genève, Suisse

[194] International Organization for Standardization (ISO) - 1983 - ***"Building construction. Modular Coordination - Vocabulary"*** - ISO 1791 - ISO, Genève, Suisse

[195] International Organization for Standardization (ISO) - 1984 - ***"Building construction. Modular Coordination - Principles and rules"*** - ISO 2848 - ISO, Genève, Suisse

[196] International Organization for Standardization (ISO) - 1974 - ***"Modular coordination - coordinating sizes for rigid flat sheet boards used in building"*** - ISO 2777 - ISO, Genève, Suisse

[197] International Organization for Standardization (ISO) - 1988 - ***"Joints in building - Vocabulary"*** - ISO 2444 - ISO, Genève, Suisse

[198] International Organization for Standardization (ISO) - 1972 - ***"Joints in building - Fundamental principles for design"*** - ISO 2445 - ISO, Genève, Suisse

[199] International Organization for Standardization (ISO) - 1975 - ***"Joints in building - General check-list of joints functions"*** - ISO 3447 - ISO, Genève, Suisse

[200] International Organization for Standardization (ISO) - 1983 - ***"Joints in building - Laboratory method of test for air permeability of joints"*** - ISO 6589 - ISO, Genève, Suisse

[201] International Organization for Standardization (ISO) - 1984 - ***"Joints in building. Principles for jointing of building components - Accomodation of dimensional deviations during construction"*** - ISO 7727 - ISO, Genève, Suisse

[202] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1979 - ***"Edifícios: Recomendações para a elaboração de especificações de comportamento"*** - Especificação E 326 - LNEC, Lisboa

[203] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1979 - ***"Edifícios: Estrutura das especificações de comportamento de componentes e ensambladuras"*** - Especificação E 327 - LNEC, Lisboa

[204] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1977 - ***"Colaboração num concurso de fornecimento e montagem de divisórias leves prefabricadas"*** - Relatório nº 83/1/5998 - LNEC , Lisboa

[205] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1972 - ***"Directivas comuns UEAT'c para a Homologação de casas leves . Directivas complementares para a Homologação de casas leves em madeira"*** - Tradução nº 478 - LNEC, Lisboa

[206] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1980 - ***"Directivas comuns UEAT'c para a Homologação de divisórias leves"*** - Tradução nº 730 - LNEC, Lisboa

[207] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1982 - ***"Directivas UEAT'c relativas a choques em elementos de construção verticais opacos"*** - Tradução nº 769 - LNEC, Lisboa

[208] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1986 - ***"Equipamento de ensaio de elementos prefabricados leves. Estrutura para ensaios de choque"*** - Relatório 52/86 - LNEC, Lisboa

[209] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1986 - ***"A. Mesquita: Sistema de construção prefabricada"*** - DH 246 - LNEC, Lisboa

[210] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1986 - ***"Materiais não estruturais. Disciplina 8 do 1º Curso de Mestrado em Construção de Edifícios"*** - Relatório 305/86 - LNEC, Lisboa

[211] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1988 - ***"Aplicação do Regulamento geral sobre o ruído aos edifícios de habitação"*** - LNEC, Lisboa

[212] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1990 - ***"Curso de especialização sobre revestimentos de paredes: 1º Módulo"*** - LNEC, Lisboa

[213] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1990 - ***"Segurança contra incêndio: Reacção ao fogo dos materiais de construção - Critérios de classificação"*** - E365 - LNEC, Lisboa

[214] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1990 - ***"Segurança contra incêndio: Reacção ao fogo dos materiais de construção - Ensaio no queimador eléctrico"*** - E366 - LNEC, Lisboa

[215] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1991 - ***"Segurança contra incêndio: Reacção ao fogo dos materiais de construção - Ensaios na cabine de radiação"*** - E 367 - LNEC, Lisboa

[216] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1991 - ***"Segurança contra incêndio: Reacção ao fogo dos materiais de construção - Ensaios no bico de Bunsen"*** - E 368 - LNEC, Lisboa

[217] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1991 - ***"Segurança contra incêndio: Reacção ao fogo dos materiais de construção - Ensaio no epirradiador"*** - E369 - LNEC, Lisboa

[218] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1991 - ***"Segurança contra incêndio: Reacção ao fogo dos materiais de construção - Ensaio no painel radiante"*** - E370 - LNEC, Lisboa

[219] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1991 - ***"Segurança contra incêndio: Reacção ao fogo dos materiais de construção - Ensaio no calorímetro"*** - E371 - LNEC, Lisboa

[220] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1986 - ***"Tecnologias da construção de edifícios. Disciplina 7 do 1º Curso de Mestrado em Construção de Edifícios"*** - Relatório 136/86 - LNEC, Lisboa

[221] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1983 - ***"Paredes de Edifícios"*** - CPP 510 - LNEC, Lisboa

[222] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) - 1991 - ***"Curso de especialização sobre segurança contra incêndios em edifícios (2 volumes)"*** - LNEC, Lisboa

[223] LEMOS SALTA, A. - 1990 - ***"Aplicação do Regulamento geral sobre ruído aos edifícios escolares"*** - ITE 23 - LNEC, Lisboa

[224] LUGEZ, J. - 1989 - ***"L'appel d'offres sur avant-projet performanciel - sa contribution à la qualité"*** - XI^{ème} congrés International 19-23 Juin 1989, Paris - Conseil International du Bâtiment pour la Recherche, L'étude et la Documentation (CIB)

[225] MAISON, J. - 1985 - ***"Application de la théorie des tolérances aux ouvrages"*** - Consel International pour la recherche, l'étude et la documentation (CIB): Publication 92 - CIB, Rotterdam

[226] MAISON, J. - 1983 - ***"Mesure des écarts dimensionnels de composants de bâtiment"*** - Cahiers du CSTB, nº 1902, 12/83, liv. 245 - CSTB, Paris

[227] MAKEPEACE, JOHN - 1989 - ***"The encyclopedia of wood"*** - Quarto Publishing PLC, London

[228] MARTINS DA SILVA, PEDRO - 1978 - ***"Acústica de Edifícios"*** - ITE nº 8 - LNEC, Lisboa

[229] MARTINS DA SILVA, PEDRO - 1985- ***"Estudo acústico de divisórias amovíveis - Modelação matemática (divisórias homogéneas)"*** - Processo 87/11/8455 - LNEC, Lisboa

[230] MATEUS, TOMÁS J. E. - 1961 - ***"Bases para o dimensionamento de estruturas de madeira"*** - Memória 179 - LNEC, Lisboa

[231] MATEUS, TOMÁS J. E. - 1976 - ***"A humidade da madeira. Sua importância nos problemas da indústria".*** Boletim do Instituto dos Produtos Florestais - Madeiras, 11 Julho 1976, p.5-8, Lisboa

[232] MATEUS, TOMÁS J. E. - 1977 - ***"As características das madeiras nas suas relações com as aplicações".*** Boletim do Instituto dos Produtos Florestais - Madeiras, 14 Abril 1977, p.11-19, Lisboa

[233] MATEUS, TOMÁS J. E. - 1978 - ***"O emprego da madeira de pinho bravo em estruturas"*** - Memória 500 - LNEC, Lisboa

[234] MELCHIOR, G.; PÈRES, J.; URIEN, R. - 1984 - ***"Les systèmes constructifs: appareil de production, degré d'industrialisation, ouverture économique, compétivité et rentabilité"*** - Cahiers du CSTB nº 1921, livraison 248, 4/84 - CSTB, Paris

[235] MENDES, P. M. - 1994 - ***"Ligações em estruturas de madeiras - Tecnologia e dimensionamento de acordo com o Eurocódigo 5"*** - Dissertação apresentada à FEUP para obtenção do Grau de Mestre em Construção de Edifícios - 3º Mestrado em Construção de Edifícios - FEUP, Porto

[236] MEYER-BOHE, W. - 1967 - ***"Prefabrication"*** - Tradução espanhola de original alemão - Ed. Blume, Barcelona

[237] MEYER-BOHE, W. - 1969 - ***"Prefabrication II . Analisis de los sistemas"*** - Tradução espanhola de original alemão - Ed. Blume, Barcelona

[238] MILLEREUX, DOMINIQUE - 1984 - ***"Le bois dans la construction"*** - Mémento CATED nº 23 - Centre d'Assistance Technique et de Documentation (CATED), Paris

[239] MOODY, R. - 1982 - ***"Structural performance targets for light-frame wood and floor systems"*** -Third ASTM/CIB/RILEM Symposium on the Performance concept in Building - Vol 1 (p.149-160) - LNEC, Lisboa

[240] OLIVEIRA DE CARVALHO , A. P. - 1988 - ***"Estudo acústico de divisórias amovíveis - Análise modelar e desenvolvimento de soluções"*** - Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Construção de Edifícios - 1º Mestrado em Construção de Edifícios - FEUP, Porto

[241] PAIVA, J. VASCONCELOS - 1991 ***"A aprovação técnica Europeia e a EOTA"*** - Nota Técnica nº3/91 - DED - chefia - LNEC, Lisboa

[242] PAIVA, V.; CARVALHO, L. - 1977 - ***"Plano de Trabalhos-tipo para a homologação de sistemas de construção prefabricada leve"*** - Relatório nº 83/14/6231 - LNEC, Lisboa

[243] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei,Portarias - 1951 - ***"Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU)"*** - Dec. Lei nº 38382 de 7/8/51 e diversas alterações posteriores - Porto Editora

[244] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei,Portarias - ***"Regulamento de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais"*** - Portaria nº 53/71 de 3/2 com alterações introduzidas pela Portaria nº 702/80 de 22 de Setembro - Casa da Moeda

[245] PORTUGAL ,Leis, Decretos-lei, Portarias - 1989 - ***"Regulamento dos Empreendimentos Turísticos"*** - Decreto Regulamentar nº 8/89 de 21 de Março - Porto Editora

[246] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei, Portarias - 1990 - ***"Regulamento de Segurança Contra Incêndios: Edifícios de habitação"*** - Dec. Lei nº 64/90 de 21 de Fevereiro - Porto Editora

[247] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei, Portarias - 1990 - ***"Regulamento de Segurança contra Incêndios: - Estabelecimentos Comerciais "*** - Dec. Lei nº 61/90 de 15 de Fevereiro - Porto Editora

[248] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei, Portarias - 1989 - ***"Regulamento de Segurança contra Incêndios: Edifícios Públicos"*** - Resolução do Conselho de Ministros nº 31/89 de 31 de Agosto - Porto Editora

[249] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei, Portarias - 1989 - ***"Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios"*** - Dec. Lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro - Porto Editora

[250] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei,Portarias - 1987 - ***"Regulamento Geral Sobre o Ruído"*** - Dec. Lei nº 251/87 de 24 de Junho e sucessivas correcções (292/89 de 2/9 e 72/92 de 28/4; Decreto Regulamentar e aditamento nº 9/92 de 28 de Abril) - Porto Editora

[251] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei, Portarias - ***"Regulamento de segurança de instalações de utilização de energia eléctrica". "Regulamento de segurança de Instalações colectivas de Edifícios e entradas"*** - Dec.-lei nº 740/74 de 26/12 alterado pelo Dec.-lei nº 303/76 de 26/4 e pelo Dec. regulamentar nº 90/84 de 26/12 - Porto Editora.

[252] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei, Portarias - ***"Instalações de Infraestruturas telefónicas: definição e obrigatoriedade"*** - Dec.-lei nº 146/87 de 24/3 - Porto Editora.

[253] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei, Portarias - ***"Regulamento das Instalações Telefónicas de assinante"*** (RITA) - Dec. Regulamentar nº 25/87 de 8/4 - Porto Editora.

[254] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei, Portarias - ***"Regulamento de abastecimento de água"*** - Portaria nº 10367 de 14/4/43 - Casa da Moeda

[255] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei, Portarias - ***"Regulamento das canalizações de esgoto"*** - Portaria nº 11338 de 8/5/46 - Casa da Moeda

[256] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei, Portarias - Ministério da Indústria e Energia - 1993 - ***"Decreto-Lei nº 113/93 de 20 de Abril"*** - Diário da República de 20 de Abril - Iª série A

[257] PORTUGAL, Leis, Decretos-lei, Portarias - Ministério da Indústria e Energia - 1993 - ***"Portaria nº 566/93 de 2 de Junho"*** - Diário da República de 2 de Junho - Iª série A

[258] PAZ BRANCO, J. - 1977 - ***"Algumas notas sobre prefabricação"*** - LNEC, Lisboa

[259] PAZ BRANCO, J. - 1980 - ***"Manual de estaleiros na construção de edifícios"*** (3 volumes) - LNEC, Lisboa

[260] PAZ BRANCO, J. - 1980 - ***"Prefabricação ligeira"*** - LNEC, Lisboa

[261] PAZ BRANCO, J. - 1981 - ***"Manual do pedreiro"*** - LNEC, Lisboa

[262] PONTÍFICE DE SOUSA, P. - 1987 - ***"Sistemas de construção industrializada em madeira"*** - relatório nº 40/87 - LNEC, Lisboa

[263] PRACHT, KLAUS - 1981 - ***"Les systèmes constructifs en bois"*** - Tradução de Anne-Marie Noblet, - Éditions du Moniteur, Paris

[264] Reúnion Internationale des Laboratoires d'essais des Matériaux et des Constructions (RILEM) - 13rd Committee on Mortars and Renderings - ***"Matériaux et Constructions nº 73"*** - Janvier-Février 1980 (p55-66) - Genève

[265] ROLAND, J. - 1992 - ***"Les réglementations acoustiques en Europe"*** - CSTB, Paris

[266] RUSH , R. - 1986 - ***"Building systems integration handbook"*** - Architects International Association (AIA) - John Wiley and sons, New York

[267] RUSSEL, B. - 1981 - ***"Building systems, Industrialization and Architecture"*** - John Wiley and sons, New York

[268] SÉBESTYEN, G. - 1987 - ***"Lightweight building construction"*** - George Godwin, Ltd, London

[269] Syndicat d'Études Interindustries -Construction(IC - IB); Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC); Bureau de de contrôle pour la sécurité de la Construction (SECO) - 1980 - ***"Guides des performances du Bâtiment"*** - Vol. 1 - "Bâtiment dans son ensemble"; Vol.4 - "Divisions intérieures verticales" - CSTC, Bruxelles

[270] TEIXEIRA TRIGO, J. - 1974 - ***"Edifícios Prefabricados"*** - Curso de Especialização 144 - LNEC, Lisboa

[271] TEIXEIRA TRIGO, J. - 1976 - ***"Industrialização na Construção de Edifícios"*** - relatório 82/14/5339 - LNEC, Lisboa

[272] TEIXEIRA TRIGO, J. - 1978 - ***"Tecnologia da Construção de Habitação"*** - Memória nº 507 - LNEC, Lisboa

[273] Timber Research and Development Association (TRADA) - 1980 - ***"Structural Recomendations for timber frame housing"*** - The Construction press, Ltd, Longman, London

[274] Timber Research and Development Association (TRADA) - 1982 - ***"Timber-frame housing: a simplified method"*** - The Construction press, Ltd, Longman, London

[275] TURAUD , J. - 1989 - ***"La construction des bâtiments"*** - Éditions du Moniteur, Paris

[276] Union Européenne pour l'agrément technique dans la construction (UEAT'c) - 1985 - ***"Directives communes pour l'agrément de cloisons en plâtre"*** - Encyclopédie REEF - CSTB, Paris

[277] União Europeia (UE) - 1994 - ***"Comunicação da Comissão a propósito dos Documentos Interpretativos da Directiva 89/106/CEE (DPC) do Concelho"*** - Jornal Oficial das Comunidades Europeias nº C62 de 28/2/94 - Documento 94/C62/01 (p1) - Bruxelles

[278] Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) - 1979 - ***"Edilizia residenziale: Partizioni interne. Terminologia"*** - UNI 7960 - UNI, Milano

[279] Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) - 1981 - ***"Edilizia residenziale: Pareti interni semplici. Prova di resistenza agli urti da corpo molle e duro"*** - UNI 8201 - UNI, Milano

[280] Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) - 1980 - ***"Edilizia residenziale: Partizioni interni verticale. Analisi dei requisiti"*** - UNI 8087- UNI, Milano

[281] Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) - 1981 - ***"Edilizia residenziale: Pareti interni semplici. Prove di resistenza ai carichi sospesi"*** - UNI 8326 - UNI, Milano

[282] Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) - 1981 - ***"Edilizia residenziale: Pareti interni semplici. Prova di resistenza al calore per irraggiamento"*** - UNI 8327- UNI, Milano

[283] Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) - 1988 - ***"Edilizia: Partizioni e rivestimenti interni. Guida per l'esecuzione mediante lastre di gesso rivestito su orditura metallica"*** - UNI 9154.1 - UNI, Milano

[284] VILLEGER, J. ; FONTAN, J. - 1987 - ***"Veille technologique 85-86. Constructions légères"*** - Cahiers du CSTB, nº 2196, liv. 284, 11/87 - CSTB, Paris

LISTA DE REFERÊNCIAS ORGANIZADAS POR TEMAS

Visão sistémica de um edifício

3 15 62 65 66 76 77 81 137
138 139 144 152 169 174 175 176 177
178 179 180 202 203 224 239 266 267
269

Prefabricação em edifícios

10 205 209 220 234 236 237 258 259
260 262 268 270 271 272 284

Coordenação dimensional modular em edifícios

38 59 72 159 194 195 196

Tolerâncias de construção em edifícios

70 128 182 183 184 185 186 187 188
189 190 191 192 193 225 226

Juntas de construção em edifícios

197 198 199 200 201

Paredes - classificação e exigências

7 8 15 16 17 18 21 39 40
42 43 64 67 69 77 86 87 131
152 154 155 157 174 175 176 177 178
180 221 276

Divisórias leves prefabricadas

Soluções

4 5 6 9 21 25 26 27 28
29 30 31 32 33 34 35 36 37
69 120 121 122 123 124 125 126 127
140 151 154 155 157 278 279 280 281
282 283

Exigências e Ensaios

15 16 17 18 19 20 39 40 41
42 43 44 52 53 62 63 64 77
85 86 87 88 89 90 93 133 134
135 136 142 143 169 170 171 172 173
179 204 206 207 208 212 229 240 241
276

Métodos de ensaio

7 8 91 92 94 95 96 97 98
99 100 101 102 103 104 105 106 107
108 109 110 111 112 114 115 160 213
214 215 216 217 218 219 264

Legislação nacional e europeia aplicável

82 83 84 243 244 245 246 247 248
249 250 251 252 253 254 255 277

Normalização e Certificação

1 167 168

Acústica

4 45 52 53 54 55 56 57 88
89 90 130 145 164 165 166 211 223
228 229 240 265

Madeira e derivados

13 46 47 48 49 50 51 60 67
68 73 75 95 96 97 98 99 100
101 102 103 104 105 106 107 108 109
110 111 112 114 115 116 117 132 141
150 151 156 158 161 162 205 227 230
231 232 233 235 238 263 273 274 285

Bibliografia geral - outros temas

2 22 23 24 58 74 78 79 80
130 146 147 148 149 153 181 210 220
222 261 275

ANEXO A

DEFINIÇÕES ASSOCIADAS AO CAPÍTULO 2

ÍNDICE DO TEXTO

Visão sistémica de um edifício A.5

Prefabricação em edifícios A.6

Coordenação dimensional modular em edifícios A.7

Tolerâncias de construção em edifícios A.9

Juntas de construção em edifícios A.13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura A.1 Ilustração dos termos gerais A.10

Figura A.2 Desvio e tolerância de fabrico A.11

Figura A.3 Desvio e tolerância de implantação A.12

Figura A.4 Desvio e tolerância de montagem A.12

Figura A.5 Junta aberta e preenchida A.13

Figura A.6 Cobre-juntas A.13

Figura A.7 Plano de referência da junta A.14

Figura A.8 Perfil de junta A.14

Figura A.9 Superfície lateral da junta A.15

Figura A.10 Espaço de junta A.15

Figura A.11 Largura crítica da junta A.15

Figura A.12 Superfície visível de uma junta A.15

Figura A.13 Interface da junta A.16

Figura A.14 Décalage de junta A.16

VISÃO SISTÉMICA DE UM EDIFÍCIO

1) Sistema de construção (abordagem celular) - conjunto de sub-sistemas de construção compatíveis e complementares entre si e que no seu todo definem o edifício.

2) Sistema de construção (abordagem funcional) - conjunto de orgãos de um edifício que no seu todo realizam o conjunto das funções desempenhadas pelo edifício.

3) Sub-sistema de construção - conjunto coerente de elementos de construção e respectivos processos de construção que representa uma parte de um edifício com características próprias e que lhe conferem uma certa identidade.

4) Orgão de um edifício - sub-divisão funcional de um edifício que assegura uma ou mais funções com características semelhantes e necessárias à satisfação das exigências do utente.

5) Elemento de construção - elemento constituinte de um sub-sistema de construção aplicado no seu local de utilização e realizado a partir de materiais simples, componentes e processos de construção.

6) Componente - produto prefabricado em unidade industrial a partir de diversos materiais simples e que se destina a incorporar num elemento de construção de acordo com processos de construção e montagem bem definidos.

7) Processo de construção (de um elemento de construção ou componente) - método de execução do elemento de construção ou componente, em obra ou na fábrica, envolvendo materiais, equipamentos, ferramentas, mão-de-obra e métodos de execução.

8) Tecnologia de construção (de um elemento de construção ou de um sub-sistema de um edifício) - conjunto de processos de construção associados a um sub-sistema específico de um edifício ou a um dos seus elementos.

9) Utente - pessoa, animal ou objecto que deverá ser alojado por um edifício.

10) Exigência funcional do utente - necessidade do utente a satisfazer pelo edifício na globalidade ou em particular por um qualquer dos seus orgãos.

11) Agente - tudo o que actua sobre um edifício ou sobre qualquer das suas partes constituintes.

12) Acção - influência exercida por um agente sobre um edifício.

13) Efeito - resultado da actuação de uma acção sobre um edifício.

14) Desempenho - comportamento do elemento de construção em fase de utilização.

15) Exigência funcional de um orgão de um edifício - requisito que permite avaliar de uma forma qualitativa ou quantitativa o comportamento de um

determinado orgão de um edifício em fase de utilização (em inglês "functional requirement").

16) Exigência de desempenho de um elemento de construção - requisito que permite avaliar de uma forma qualitativa ou quantitativa o comportamento de uma determinada solução concreta de elemento de construção em fase de utilização. Para definir completamente cada exigência de desempenho é necessário caracterizar quatro parâmetros: definição da exigência; indicação das características (grandezas definidas para avaliar a exigência); indicação do modo de avaliação das características (ensaio, cálculo ou julgamento de perito); quantificação da exigência, ou seja especificação de desempenho, referência a normas, Regulamentos ou outros documentos com valores-padrão para cada uma das características.

17) Característica (de desempenho) - grandeza que permite avaliar de forma qualitativa ou quantitativa o comportamento de uma determinada solução concreta de elemento de construção em fase de utilização.

18) Especificação de desempenho - valor concreto de uma avaliação de uma exigência de desempenho relativa a um determinado elemento de construção (em inglês "performance specification").

PREFABRICAÇÃO EM EDIFÍCIOS

1) Industrialização da construção - conjunto de processos organizativos implantados na indústria da construção com o objectivo de a aproximar em termos de modelo de gestão das indústrias de unidade produtiva fixa. As vias para a industrialização da construção são a prefabricação, a racionalização e a mecanização.

2) Prefabricação - conjunto de técnicas de construção que se baseiam na produção de elementos de construção fora dos seus locais de implantação definitivos, no estaleiro da obra ou fora dele, os quais são posteriormente ligados e montados em obra.

3) Racionalização (da produção no sector da Construção Civil) - conjunto de acções de organização, planificação e verificação tendentes ao aumento do rendimento do sector de construção em conjunto e de cada uma das suas tarefas elementares em particular.

4) Mecanização - substituição do homem pela máquina como meio de melhoria de produtividade e da qualidade de construção.

5) Prefabricação leve - prefabricação total ou parcial à base de componentes e materiais de pequeno peso que recorrem normalmente no local apenas a operações de montagem e/ou ao recurso mínimo a métodos de ligação por argamassas.

6) Prefabricação pesada - prefabricação total ou parcial de elementos de construção à base de componentes e/ou elementos pesados normalmente construídos à base de betão armado e pré-esforçado.

7) Prefabricação ligeira - produção de componentes de pequenas dimensões para edifícios em condições de melhoria de qualidade e preço como resultado da

realização de grandes séries de componentes fora do seu local de utilização final e que são posteriormente montados no local com recurso a técnicas pré-estudadas de ligação com ou sem argamassa de ligação.

8) Prefabricação parcial - fabricação em série de componentes para a indústria de construção constituindo ou não um sistema de prefabricação parcial, leve ou pesado.

9) Sistema de prefabricação - sistema de construção de um edifício concebido de uma forma totalmente integrada, incluindo a definição de todas as operações na fábrica e no local e que recorre a um índice de prefabricação muito elevado reservando para a obra apenas um número muito reduzido de operações.

10) Sistema de prefabricação parcial - conjunto coerente de materiais de construção, componentes e processos de construção concebidos, fornecidos e muitas vezes aplicados por um fabricante e que constitui um sub-sistema (ou uma parte dele) de construção de um edifício com elevado índice de industrialização.

11) Sistema aberto - sistema de prefabricação parcial que admite a incorporação de materiais de construção e componentes de diversos fabricantes sem que o sistema defina exaustivamente as diversas soluções possíveis e os processos de construção a adoptar em cada caso.

12) Sistema fechado - sistema de prefabricação parcial em que os diversos elementos constituintes (materiais de construção e componentes) e os processos de construção a aplicar são exaustivamente definidos pelo fabricante e em que não se admite normalmente a incorporação de materiais de construção e/ou componentes de outros fabricantes.

COORDENAÇÃO DIMENSIONAL MODULAR EM EDIFÍCIOS

1) Coordenação das dimensões - correlação entre os formatos e dimensões das partes que compõem um edifício, de modo a permitir a sua montagem e interligação, durante os trabalhos de construção, sem operações envolvendo perdas de material e de tempo.

2) Modulação - técnica normalizadora destinada a definir, desde o projecto até às indústrias e actividades que intervêm na Construção Civil, a coordenação das dimensões e o ajustamento de todos os elementos - materiais, componentes e equipamentos - que constituem a obra a executar, pela utilização de um módulo.

3) Coordenação modular - coordenação dimensional realizada com base num método que recorre a um módulo-base ou a um seu multi-módulo.

4) Módulo - grandeza base que serve de referência à definição das dimensões dos elementos da construção. O módulo a usar mede 10cm. Nos desenhos de projecto o intervalo do quadriculado de referência mede um módulo ou um seu múltiplo.

5) Componente - produto de construção fabricado como uma unidade distinta e em que as respectivas dimensões são especificadas nas três direcções ortogonais principais.

6) Componente modulado - um componente cujas dimensões de coordenação são moduladas.

7) Elemento de construção - célula-base de um edifício construída a partir de materiais de construção e ou componentes.

8) Elemento de construção modulado - elemento de construção cujas dimensões se escolheram de modo a assegurar a correcta adaptação à grade modular.

9) Materiais modulados - materiais de formas e dimensões estabelecidos com o fim de formar combinações que respeitem a modulação das dimensões.

10) Conjuntos modulados - conjuntos formados por diversos materiais ligados entre si de acordo com os princípios da modulação das dimensões.

11) Pormenor modulado - pormenor de uma parte da construção, referido e dimensionado em relação à quadrícula modular.

12) Construção modulada - construção realizada por meio de elementos modulados e em cujo projecto se utilizou a quadrícula modular - nos estudos de planta, de alçado e de pormenor - com o objectivo de determinar dimensões modulares para o todo e para as partes constituintes.

13) Módulo-base - módulo fundamental usado na coordenação modular e com as dimensões que asseguram a sua aplicação geral aos edifícios e componentes.

14) Multi-módulo - um módulo cuja dimensão é um múltiplo do módulo-base.

15) Módulo de projecto - um multi-módulo usado como unidade fundamental de um projecto.

16) Dimensão modular - uma dimensão que é um múltiplo do módulo-base

17) Dimensão sub-modular - uma dimensão inferior ao módulo-base.

18) Dimensão de coordenação - uma dimensão de um espaço de coordenação que define as posições relativas de dois ou mais componentes numa montagem e de acordo com as características geométricas que condicionam a montagem.

19) Dimensão de referência - uma dimensão de coordenação modular entre planos de referência (por exemplo, altura de andar, distância entre eixos de pilares, espessura da zona de referência).

20) Dimensão técnica - uma dimensão associada a considerações económicas importantes; pode ser modular só por coincidência.

21) Espaço de referência - um espaço definido num edifício destinado a receber um componente ou elemento de construção, incluindo, onde aplicável folgas para tolerâncias e juntas. O espaço é delimitado por planos de referência que não são necessariamente modulares.

22) Espaço de coordenação - um espaço delimitado por planos de referência referidos a um componente incluindo folgas para juntas e tolerâncias.

23) Plano de referência - um plano ao qual se referem dois componentes relacionados entre si.

24) Sistema de referência - sistema de pontos, linhas e planos em relação aos quais as dimensões e posições de um componente ou elemento de construção se relacionam.

25) Grade ou reticulado modular - sistema de referência de quadrículas rectangulares em que as distâncias entre as linhas que definem as quadrículas são multi-módulos. O multi-módulo não é necessariamente igual nas duas direcções.

26) Grade ou reticulado espacial modular - sistema de referência de prismas rectangulares em que a distância entre planos de referência sucessivos é um multi-módulo. O multi-módulo não é necessariamente igual nas duas direcções.

27) Quadrícula modular - um plano numa quadrícula espacial modular; projecção do reticulado modular num dos planos principais.

28) Plano de coordenação - um plano numa quadrícula espacial modular ao qual se referem as posições teóricas dos elementos estruturais do edifício.

29) Linha modular - uma linha formada pela intersecção de dois planos modulares.

30) Eixo modular - uma linha numa grelha modular que define a posição em projecto de um elemento estrutural principal (parede resistente, linha de pilares).

31) Zona modular - espaço modular entre planos modulares que se destina a ser preenchido por um componente ou grupo de componentes ou a ser deixado vazio.

32) Zona de controlo - uma zona entre planos de coordenação aplicável a coberturas, pavimentos, paredes resistentes ou pilares.

33) Zona neutra - um espaço entre dois planos de coordenação consecutivos e que não é modular.

34) Dimensões nominais - dimensões atribuídas a um material, componente ou elemento de construção, na sua execução ou projecto.

35) Dimensões efectivas - dimensões reais de um material, componente ou de um elemento de construção.

TOLERÂNCIAS DE CONSTRUÇÃO EM EDIFÍCIOS

Termos gerais (ver figura A.1)

1) Dimensão (grandeza física): extensão de um corpo ou de um espaço numa dada direcção (por exemplo comprimento, largura, altura, profundidade, diâmetro) ou o comprimento de uma dada linha (por exemplo uma circunferência).

2) Dimensão (valor numérico): grandeza duma dimensão expressa numa dada unidade.

3) Dimensão de referência: dimensão indicada sobre um projecto em relação à qual devem ser definidos os desvios.

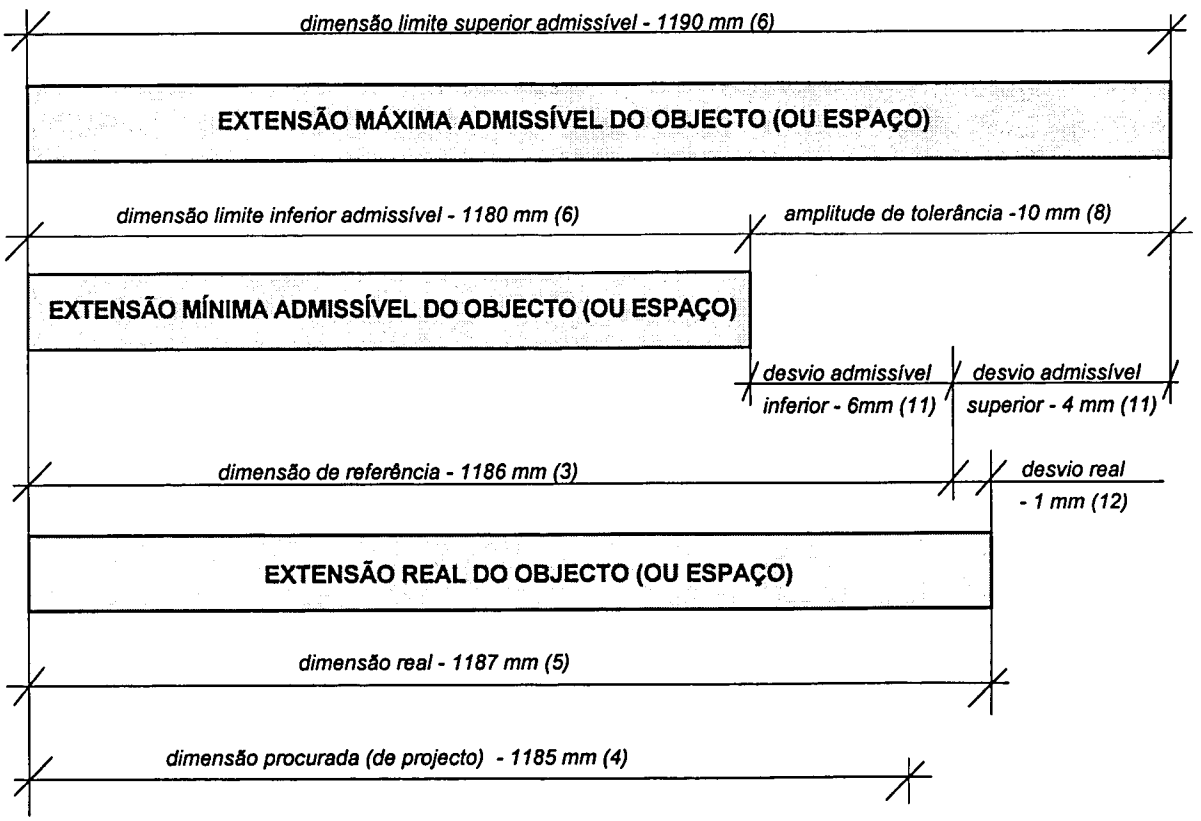
4) Dimensão procurada: dimensão de referência em relação à qual os desvios são nulos na melhor das hipóteses.

5) Dimensão real: dimensão (valor numérico) obtido por medição e após correcção dos erros de medição conhecidos.

6) Dimensões-limite admissíveis superior e inferior: dimensões, máxima e mínima, entre as quais a dimensão real se deve encontrar ou com a qual pode no limite coincidir.

7) Tolerância (quantidade física): variação admissível para uma dimensão; variação admissível do valor específico de uma grandeza física.

8) Amplitude da tolerância (valor numérico): valor absoluto da diferença entre as dimensões limite admissíveis.



NOTA: *Neste exemplo, e para considerar um caso geral, os desvios admissíveis foram considerados assimétricos em relação à dimensão de referência. No entanto, normalmente esses desvios são considerados como simétricos.*

Figura A.1 - Ilustração dos termos gerais

9) Intervalo de tolerância: conjunto de todas as dimensões situadas entre as dimensões-limite admissíveis (o intervalo de tolerância pode ser definido pelas duas dimensões-limite admissíveis ou pela dimensão de referência e o desvio admissível).

10) Desvio - diferença algébrica entre uma dimensão e a dimensão de referência correspondente.

11) Desvios admissíveis superior ou inferior: diferenças algébricas entre as dimensões-limite admissíveis e a dimensão de referência correspondente.

12) Desvio real: diferença entre uma dimensão real e a dimensão de referência correspondente.

13) Zona de tolerância para um ponto: volume ou superfície envolvente da posição do ponto, indicada no projecto e no interior do qual ou sobre o qual esse ponto deve ser efectivamente encontrado.

14) Volume de tolerância para um elemento [1]: volume definido pela envolvente das zonas de tolerância de todos os pontos das superfícies internas e externas de um elemento.

Termos derivados (ver figuras A.2 a A.4)

15) Tolerância de fabrico: variação permitida na medida de uma dimensão de um componente resultante de uma operação de fabrico.

16) Desvio de fabrico: diferença algébrica entre a dimensão actual de um componente resultante de uma operação de fabrico e a sua medida de referência correspondente.

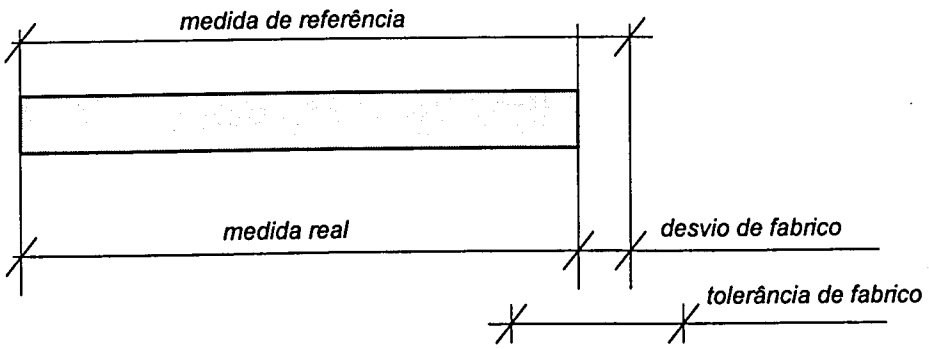


Figura A.2 - Desvio e tolerância de fabrico

17) Tolerância de implantação: variação permitida na medida de uma dimensão seleccionando pontos de implantação ou linhas e comparando-os com os correspondentes valores dos pontos ou linhas de referência definidos no projecto.

[1] Um elemento pode ser um componente, uma obra ou uma estrutura.

18) Desvio de implantação: diferença algébrica entre a medida actual e a medida de referência da distância entre pontos ou linhas de base de implantação ou entre esses pontos ou linhas de referência correspondentes.

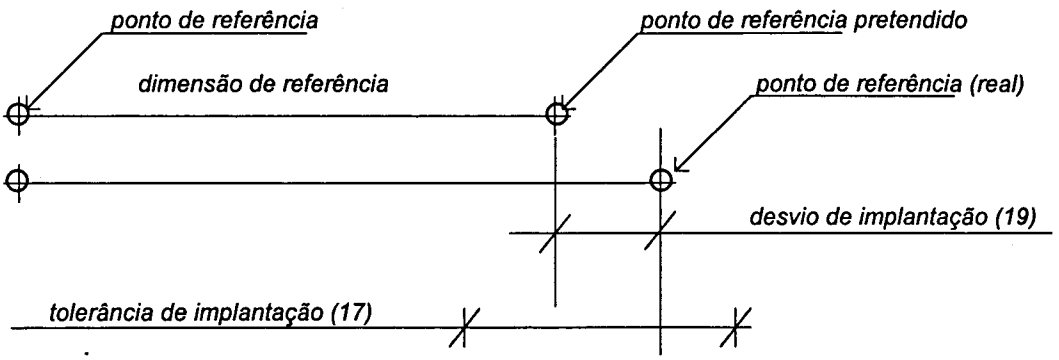


Figura A.3 - Desvio e tolerância de implantação

19) Tolerância de montagem: variação permitida na medida de uma dimensão determinada entre um ponto, linha ou superfície num componente montado e a sua linha, ponto ou plano de referência de montagem.

20) Desvio de montagem: diferença algébrica entre as medidas actual e de referência de uma dimensão entre um componente e os correspondentes pontos, linhas ou planos de referência de montagem.

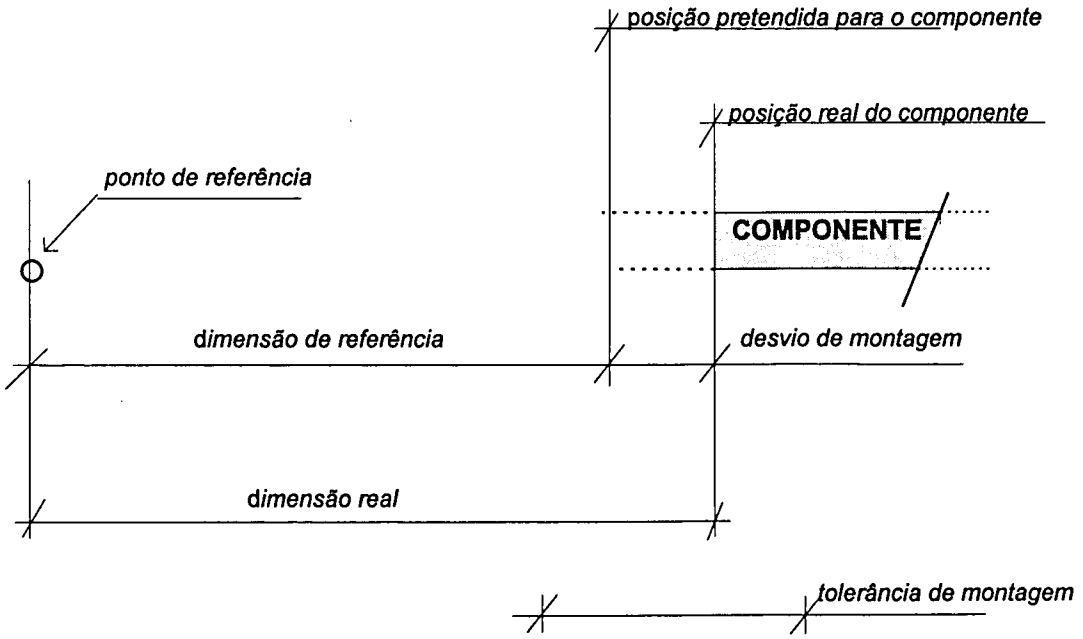


Figura A.4 - Desvio e tolerância de montagem

JUNTAS DE CONSTRUÇÃO EM EDIFÍCIOS [2]

1) Junta - conjunto formado pelas partes contíguas de dois ou mais elementos, componentes ou partes de um edifício quando estão colocadas a par ou fixadas entre si com ou sem aplicação de cobre-juntas.

2) Junta (local) - local numa construção onde se encontra a junta.

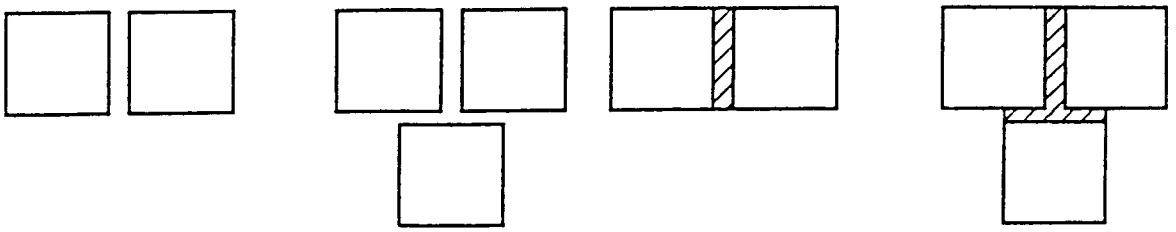


Figura A.5 - Junta aberta e preenchida

3) Cobre-juntas[3] - produto utilizado numa junta para permitir obter um determinado desempenho. Um cobre-juntas pode ser por exemplo:

- um material sem forma definida antes de ser aplicado: argamassa, mastique, cola, ...;
- um perfil de secção definida mas sem comprimento definido;
- um componente identificado de uma forma independente, e possuidor de dimensões especificadas nas três direcções.



Figura A.6 - Cobre-juntas

4) Plano de referência da junta - plano em relação ao qual as posições dos perfis da junta e dos cobre-juntas associados podem ser definidos. O plano de referência da junta é geralmente o plano de referência dos elementos, componentes ou partes do edifício reunidos pela junta. Pode coincidir com um plano modular.

---

[2] As figuras A.5 a A.14 ilustram os termos apresentados.

[3] A utilização do termo "juntas" para designar um "cobre-juntas" pode levar a erros de interpretação e deve ser evitada

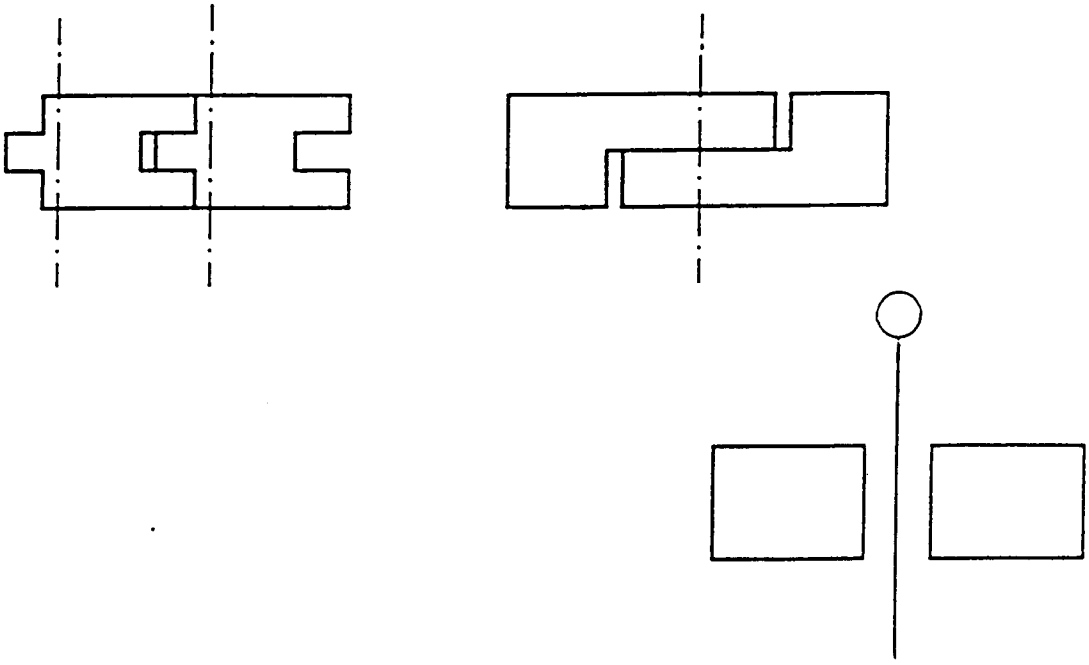


Figura A.7 - Plano de referência da junta

5) Perfil de junta (de um elemento) [4] - parte da secção transversal do elemento que contribui para definir a geometria da junta e que a delimita transversalmente.



Figura A.8 - Perfil de junta

6) Superfície lateral da junta (de um elemento) - parte da superfície do elemento que contribui para definir a geometria da junta ou que a delimita longitudinalmente.

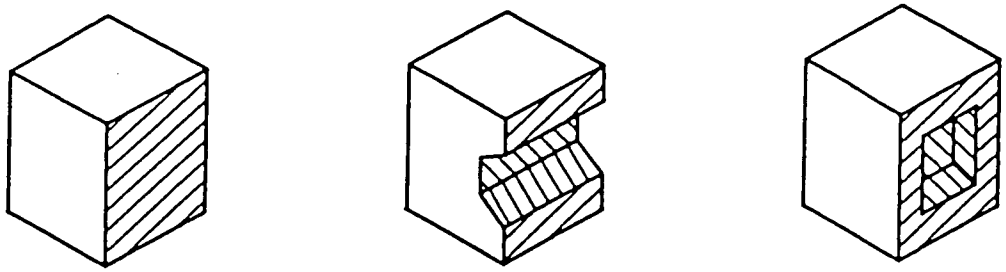


Figura A.9 - Superfície lateral da junta

[4] Os perfis da junta definem-se normalmente aos pares.

7) Espaço de junta - espaço compreendido entre dois componentes contíguos com ou sem material de preenchimento de junta ou cobre-juntas.

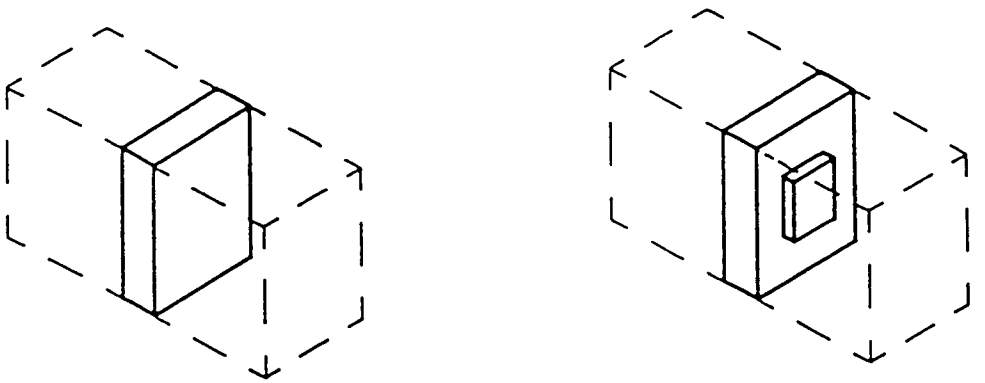


Figura A.10 - Espaço de junta

8) Largura crítica da junta - distância entre os dois elementos unidos pela junta medida na perpendicular à superfície lateral da junta e que é determinante para a definição da junta e a identificação do seu desempenho.

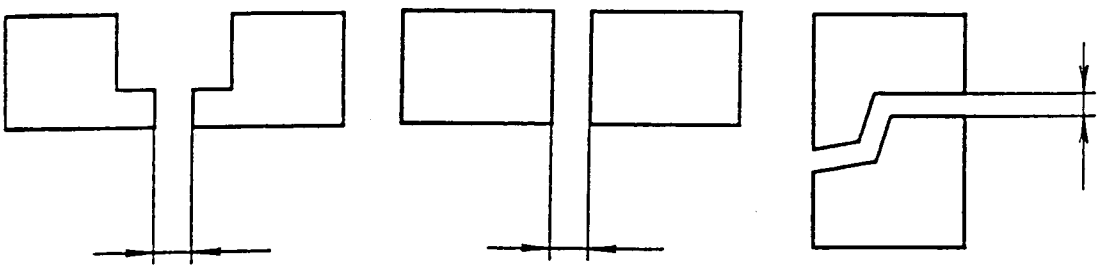


Figura A.11 - Largura crítica da junta

9) Comprimento de junta - dimensão da junta perpendicular à sua secção transversal.

10) Superfície de junta - parte visível de uma junta.

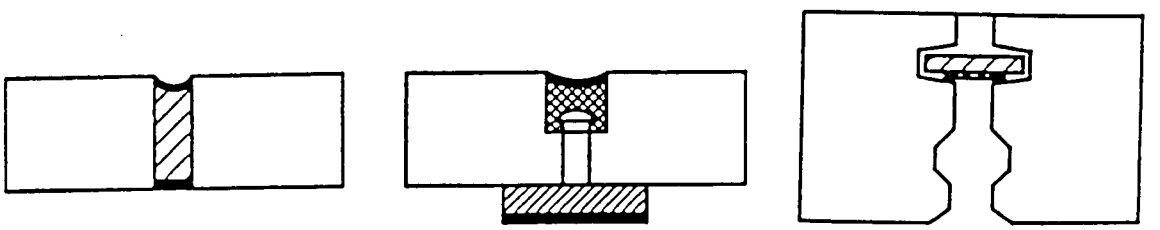


Figura A.12 - Superfície visível de uma junta

11) Superfície de contacto da junta ou interface da junta - parte da superfície lateral da junta que se destina a contactar com o cobre-juntas ou com o componente contíguo.

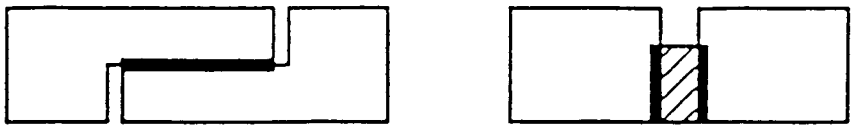


Figura A.13 - Interface da junta

12) Décalage de junta [5] - distância entre as faces dos elementos de cada um dos dois lados de junta.

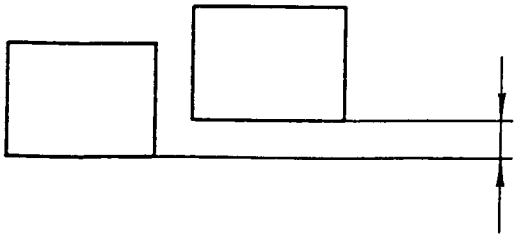


Figura A.14 - Décalage de junta

[5] A décalage é voluntária ou involuntária. Neste último caso é um desvio de posição relativa entre os elementos contíguos.

ANEXO B

SISTEMA MADLEVE

VERSÃO FINAL

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

SISTEMA MADLEVE

VERSÃO FINAL

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

ÍNDICE

Peças escritas

1 - Breve descrição do sistema B.7
2 - Elementos constituintes do sistema B.7
3 - Materiais e componentes B.8
3.1 - Materiais a utilizar no fabrico B.8
3.2 - Materiais e componentes a utilizar na montagem em obra B.9
4 - Instruções de fabrico de componentes em oficina B.10
5 - Instruções de montagem em obra B.12
6 - Instruções de pintura em obra B.13
7 - Instruções de desmontagem B.14

Peças desenhadas

1 - Módulo corrente : alçado B.17
2 - Módulo corrente : corte vertical B.18
3 - Módulo corrente : corte horizontal B.19
4 - Módulo corrente : pormenores de ligações B.20
5 - Módulo de porta B.21
6 - Módulo de acerto B.22
7 - Módulo corrente com envidraçado B.23
8 - Pormenor de ligação vertical entre painéis B.24
9 - Ângulo saliente / reentrante B.25
10 - Ligação a parede rígida (fecho lateral) B.26
11 - Ligação a guarnição de vãos B.27
12 - Ligação em T B.28
13 - Remate em tecto e pavimento B.29
14 - Fixação de objectos pesados B.30
15 - Solução para reserva técnica B.31

SISTEMA MADLEVE

VERSÃO FINAL

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

PEÇAS ESCRITAS

SISTEMA MADLEVE

VERSÃO FINAL

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

1. Breve descrição do sistema

O sistema de divisórias leves MADLEVE tem como componentes essenciais uma bordadura exterior em todo o seu contorno e um conjunto de painéis ligados entre si ao longo das juntas verticais e apoiados na bordadura exterior em todo o contorno da parede.

A bordadura exterior é realizada a partir de vigas de secção rectangular em pinho e destina-se a guiar o trabalho de montagem e a absorver as tolerâncias de fabrico dos painéis e de ajuste dimensional com os sub-sistemas periféricos. No miolo definido pela bordadura (que forma como que um caixilho de remate) aplicam-se diversos componentes de vários tipos, parcialmente prefabricados, e que são montados em obra.

O painel corrente é constituído por uma grade interna em pinho parcialmente preenchida com duas camadas de placas de lã de vidro. Esta grelha serve para fixar as placas exteriores em MDF de 10 mm de espessura e foi concebida de forma a permitir a fixação das placas de lã de vidro sem contacto físico com as placas exteriores de MDF.

Em todas as ligações verticais entre painéis e entre o último painel de cada pano de parede (painel de acerto) e a bordadura exterior colocou-se um material resiliente destinado a melhorar o isolamento acústico do sistema e absorver, simultaneamente, as tolerâncias de fabrico e de montagem. Esse mesmo produto é utilizado nas ligações horizontais entre os paineis de acerto e a bordadura exterior.

2. Elementos constituintes do sistema

O sistema inclui os seguintes elementos a fabricar em oficina:

1) módulo corrente com as dimensões de 1200 mm x (H-130) mm x 100 mm, sendo H o pé-direito (laje a laje) (desenho 1);

2) módulo de porta com características análogas ao módulo corrente mas incluindo um vão para colocar aro e guarnição Portaro corrente prefabricado (desenho 5);

3) módulo de acerto com características análogas ao módulo corrente mas com largura a definir em função da obra a realizar (desenho 6);

4) módulo de envidraçado análogo ao módulo corrente mas incluindo um vão onde pode ser colocado um envidraçado;

5) frechais com as dimensões de 37 mm x 80 mm e características análogas às soleiras (desenho 2 - pormenor A);

6) soleiras com as dimensões de 37 mm x 80 mm e os comprimentos a definir em função da obra a executar; as peças serão cortadas com o comprimento máximo possível em função das dimensões dos troços de divisória a montar (desenho 2 - Pormenor B);

7) montantes com as dimensões de 37 mm x 80 mm x (H-20) mm, sendo H o pé direito, e características análogas a frechais e soleiras (desenho 10);

8) prumos de canto em perfis de lamelado colado de pinho com a dimensão de 90 mm x 90 mm (desenho 9);

9) peças de remate de ângulo saliente em MDF com a dimensão de 180 mm x 10 mm x (H-20) mm e 190 mm x 10 mm x (H-20) mm, sendo H o pé direito (desenho 9);

10) cobre-juntas para ângulo reentrante em madeira de pinho com as dimensões de acordo com pormenor desenhado e altura de (H-20) mm, sendo H o pé direito (desenho 9);

11) cobre-juntas para ligação rígida vertical em madeira de pinho com as dimensões de acordo com pormenor desenhado e altura de (H-20) mm, sendo H o pé direito (desenho 10);

12) peças de reforço em pinho com as dimensões de 47 x 80 x (largura a definir em função do tipo de módulo) mm para suspensão de cargas de acordo com pormenor desenhado (desenho 14);

13) estrutura de duplicação para reserva técnica destinada a instalações eléctricas, telefónicas e outras (desenho 15).

3. Materiais e componentes

3.1 Materiais a utilizar no fabrico

O sistema inclui os seguintes materiais simples e componentes prefabricados a adquirir no mercado e a utilizar no fabrico:

1) placas de MDF com as seguintes dimensões em milímetros: 1220 x 2440 ou 1220 x 2750 ou 1220 x 3660 e 10 mm de espessura;

2) lã de vidro em painéis semi-rígidos com 20 mm de espessura, da marca ISOVER (Placas PF), com as dimensões comerciais de 1350 mm x 600 mm;

3) vigas de pinho com 40 mm x 80 mm e 50 mm x 80 mm e aproveitamentos diversos para peças de menor dimensão com comprimentos a definir caso a caso;

4) prumos de lamelado colado de pinho com secção de 85 mm x 85 mm e comprimento a definir em cada situação;

5) material resiliente PKB2 (SILANTO), vendido em rolos com 5 m x 1 m e cerca de 20 mm de espessura em situação de repouso;

6) agrafos 84/14 para fixação pneumática;

7) pregos 21/45 para fixação pneumática;

8) pregos 21/55 para fixação manual (designação comercial - prego nº 6);

9) pregos 29/75 para fixação manual (designação comercial - galeota);

10) pregos 45/105 para fixação manual (designação comercial - telhar);

11) parafusos 60/100 (DUOFAST POZIDRIVE 60/100 zincado);

12) buchas de nylon para parafusos 60/100 (refª AUSMARK ADNP10 - DUOFAST);

13) parafusos tipo "tirefond" 70/140;

14) retalhos de MDF de 10 mm para realização de cobre-juntas;

15) parafusos 60/60 para fixação de cargas suspensas 500N, 1000N, 2000N e 4000N (DUOFAST POZIDRIVE 60/60 zincado);

16) verniz isolante de poliuretano da fábrica de Tintas 2000 realizado com Isolante PUR 10588 e Endurecedor 10589.

3.2 Outros materiais e componentes a utilizar na montagem em obra

O sistema inclui os seguintes materiais simples e componentes prefabricados a adquirir no mercado e a utilizar na montagem em obra:

1) Portaro VICAIMA prefabricado standard incluindo porta prefabricada tipo VICAIMA de 0.80 m x 2.00 m e todos os materiais e acessórios usados na montagem em obra e com dimensões, acabamento e ferragens a definir em cada situação;

2) camada de enchimento para acabamento lacado Tintas 2000 realizada a partir de subcapa poliacrílica 8877, catalizador para subcapa poliacrílica 8877, acelerador de poliester e diluente DILPUR 6893;

3) camada de acabamento para pintura lacada Tintas 2000 realizada a partir de esmalte Polidur, Endurecedor 6817 e diluente retardador 8461;

4) betume universal tipo HANTEK da CIN.

4. Instruções de fabrico de componentes em oficina

A) Preparação de peças de pinho:

1) a primeira operação a realizar será a preparação das peças de pinho que constituem as grades que compõem os módulos; serão executadas a partir de vigas de pinho com as dimensões iniciais de 40 mm x 80 mm e que depois de trabalhadas ficarão com 37 mm x 80 mm; para pormenores e dimensões ver desenhos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7;

2) paralelamente será necessário preparar as soleiras, frechais e montantes de acordo com as dimensões do projecto de Arquitectura modulado e do pé direito do espaço a compartimentar; o sistema está concebido para situações de pé direito medido entre faces rígidas mas pode ser facilmente adaptado para sistemas a montar entre um pavimento rígido e um tecto prefabricado leve; as soleiras e frechais serão executadas a partir de vigas com as dimensões iniciais de 40 mm x 80 mm que depois de trabalhadas ficarão com 37 mm x 80 mm; os montantes serão executados a partir de vigas com as dimensões iniciais de 50 mm x 80 mm que depois de trabalhadas ficarão com 47 mm x 80 mm;

3) para todos os ângulos serão fabricados prumos de canto em madeira de pinho lamelado colado fabricado em oficina ou adquirido no mercado (caso seja possível) com as dimensões indicadas no pormenor representado no desenho 9;

4) caso existam, será necessário fabricar peças de reforço em madeira de pinho com as dimensões de 47 mm x 80 mm fabricadas a partir de peças de pinho com as dimensões iniciais de 50 mm x 80 mm e de acordo com os pormenores indicados no desenho 14;

5) finalmente, caso existam, será ainda necessário fabricar as peças das estruturas de duplicação para reserva técnica a que se refere o desenho 15.

B) Preparação das placas de MDF:

6) as placas de MDF serão adquiridas com a largura de 1220 mm e a altura definida em função do pé direito da obra a realizar; as operações a realizar no módulo corrente consistirão no corte transversal das placas para obter a dimensão ajustada ao pé direito e o denteado vertical da junta com as dimensões definidas nos pormenores A e B do desenho 3;

7) nos módulos de acerto, de porta e de envidraçado, as placas serão cortadas com as dimensões identificadas nos desenhos 5, 6 e 7;

8) haverá ainda que fabricar as peças de remate de ângulo reentrante e ligação rígida vertical de acordo com os pormenores indicados nos desenhos 9 e 10;

9) será ainda necessário realizar peças de remate de ângulo saliente de acordo com as dimensões indicadas no desenho 9; as peças de MDF para os ângulos salientes e reentrantes terão, na medida do possível, a altura do painel de modo a evitar a existência de juntas ao longo da altura;

10) depois de maquinadas as placas deverão ser pintadas com isolante de poliuretano de acordo com as especificações do fabricante das tintas.

C) Montagem em oficina

11) serão então executadas em oficina as grades dos diversos módulos incluindo as seguintes operações :

- pregagem manual das peças em pinho de acordo com pormenores identificados no desenho 4 e conforme plano de fabrico ;

- as peças transversais de reforço com 30 mm x 20 mm deverão ser pregadas sobre gabaritos com 30 mm de espessura de modo a garantir o seu correcto posicionamento;

- fixação da lã de vidro em cada módulo com agrafos 84/14 que será cortada à faca na altura da fixação para ser ajustada à dimensão das grades de pinho;

13) as placas de MDF serão então pregadas pneumaticamente às grades de pinho garantindo-se o correcto posicionamento relativo da grade e placa de MDF por meio de gabaritos de montagem;

13) os painéis de ângulo reentrante ou saliente deverão ser enviados para a obra com pré-furação para fixação embebida de parafusos tipo "tirefond" (conforme pormenores indicados no desenho 9) ;

14) o material resiliente PKB2 será cortado em tiras com 80 mm de largura que serão agrafadas de forma contínua à grade de pinho com agrafos 84/14;

15) com excepção dos painéis de fecho e de porta, todos os painéis serão enviados para a obra com o material de junta colocado na face inferior e em uma das duas faces laterais; apenas deverá ficar para ser colocado em obra o material da junta superior que será simplesmente colocado por aperto no topo da grade imediatamente antes da fixação das placas de MDF a realizar em obra;

16) os painéis de fecho a usar na contiguidade imediata de mudanças de direcção (zonas de ligação rígida, ligação em T ou ligação em ângulo) serão fabricados em oficina incluindo tiras de material de junta nas duas faces verticais exteriores;

17) os painéis de porta serão enviados para a montagem em obra sem qualquer tira de material resiliente fixada;

18) o material resiliente será agrafado com a face de borracha voltada para o exterior;

19) os cantos salientes das placas deverão ser protegidos na zona dos atados com retalhos de pinho;

20) os módulos serão transportados para a obra abertos de um dos lados e serão empilhados e envolvidos para transporte em lotes de seis sendo empilhados com as faces abertas alternadas;

21) os painéis de porta serão transportados com o vão aberto protegido com gabarito de pinho com as dimensões do vão de porta e provisoriamente pregados ao painel prefabricado.

5. Instruções de montagem em obra

1) a montagem iniciar-se-á com a colocação de montantes, frechais e soleiras para o primeiro alinhamento a montar que serão aparafusadas contra buchas de nylon e pressionando tiras de PKB2 contra uma base perfeitamente desempenada e nivelada; se necessário usar-se-á argamassa autonivelante e picar-se-ão as arestas salientes de modo a garantir o perfeito posicionamento das peças; as soleiras serão interrompidas na zona dos painéis de porta;

2) os primeiros painéis a instalar serão os módulos de porta do primeiro alinhamento a montar que preencherão os espaços deixados abertos nas soleiras junto a cada módulo de porta; na contiguidade imediata de cada módulo de porta deverão existir dois parafusos de fixação POZIDRIVE 6.0/100 a cerca de 15 cm do bordo da soleira; o módulo de porta será também fixado inferiormente com dois parafusos (um de cada lado); a fixação das soleiras contíguas à aba saliente do painel de porta será realizada da soleira para o módulo de porta e nunca em sentido contrário;

3) os painéis de porta são montados incluindo os reforços de transporte que são retirados após a pregagem completa das placas do próprio painel e dos painéis contíguos;

4) inicia-se então a montagem dos restantes painéis do primeiro alinhamento de paredes (o escolhido para iniciar a montagem) colocando painéis de cada lado do módulo de porta;

5) vão-se colocando painéis de gaveta sobre as soleiras prensando as tiras de PKB2 agrafadas ao longo dos prumos verticais contra os painéis já montados;

6) à medida que os painéis vão sendo colocados, vai-se introduzindo no topo superior da parede em montagem a tira de material resiliente de fecho de modo a garantir por atrito em todo o contorno a estabilidade global e rigor dimensional da montagem;

7) na situação corrente, o último painel a colocar nos dois limites de cada alinhamento será um módulo de acerto; o fecho será realizado junto a um ângulo, a uma ligação em T ou a uma ligação a parede rígida (fecho lateral); no módulo de acerto as placas de MDF serão salientes nos dois bordos;

8) o material resiliente garante por atrito a estabilidade global de pelo menos cinco painéis sem necessidade de pregar as placas em obra painel a painel; será normalmente possível fazer a pregagem das placas só após montar os diversos painéis de um determinado alinhamento da obra com as suas faces abertas;

9) em cada módulo, coloca-se então a placa na face aberta; a placa é pregada em todo o contorno tendo o cuidado de a fixar apenas para a própria estrutura do painel e não para os painéis contíguos ou peças da esquadria exterior (montantes, soleiras e frechais); a verticalidade do conjunto deverá ser garantida de modo a respeitar a junta representada no desenho 8;

10) nos ângulos, os prumos de lamelado colado são colocados após a montagem do último painel de um dos alinhamentos, definindo assim o alinhamento perpendicular;

11) no final da montagem do primeiro alinhamento iniciar-se-á a montagem dos alinhamentos contíguos; de modo a permitir controlar as tolerâncias de montagem, só deverão fixar-se as soleiras, frechais e montantes relativos ao alinhamento perpendicular a montar depois de concluída a montagem do alinhamento anterior; reinicia-se o processo para o novo alinhamento a montar começando pelas soleiras, frechais e montantes, seguido pelos módulos de porta, módulos correntes ou de envidraçado e rematando o alinhamento com os módulos de acerto; o processo retoma-se então para novos alinhamentos perpendiculares;

12) só após a montagem de todos os painéis em todos os alinhamentos deverá ser iniciada a montagem dos aros e guarnições das portas; cada Portaro deverá ser sempre montado com espumas expansíveis;

13) a montagem deverá ser executada de modo a garantir que não existe qualquer ligação pregada de cada painel à esquadria em pinho; a resistência mecânica do conjunto é assegurada apenas pelo funcionamento ao corte das placas de MDF;

14) todas as placas a fixar em obra deverão ser pregadas manualmente com pregos não denteados para fixação manual (21/55);

15) cada troço de soleira, frechal ou montante deverá ser pregado ao troço vizinho para garantir a solidarização global da esquadria exterior.

6. Instruções de pintura em obra

1) protege-se a envolvente das superfícies a pintar;

2) começa-se por lixar toda a superfície a pintar que já deverá vir preparada com primário selante dado em oficina;

3) betumam-se então todos os buracos de pregos com betume universal tipo HANTEK da CIN ou equivalente;

4) dá-se então uma primeira demão de sub-capa poliacrílica 8877 respeitando as especificações do fabricante das tintas;

5) decorrido o tempo recomendado pelo fabricante das tintas dá-se então uma demão de acabamento com esmalte POLIDUR respeitando as especificações do fabricante das tintas .

7. Instruções de desmontagem

1) começa-se por despregar as peças de junta (ângulos salientes, ângulos reentrantes, remates com ligação rígida, remates de tecto e remates de pavimento); tenta-se, na medida do possível, não partir as peças de remate para as poder reaproveitar em futuras montagens;

2) retiram-se então os prumos de ângulo desaparafusando os parafusos tipo "tirefond ".

3) com a ajuda de martelo, formão e pé-de-cabra retiram-se em todos os painéis as placas de MDF que foram pregadas em obra com pregos não denteados;

4) no painel de porta retira-se a placa pregada em obra situada acima da padieira da porta; retira-se a guarnição amovível do PORTARO; retiram-se então as duas pequenas placas situadas ao longo das ombreiras das portas;

5) retiram-se as tiras de resiliente existentes no topo das grades e que não estão a elas agrafadas;

6) os painéis são então empurrados de um dos lados e amparados no outro saindo por simples pressão exercida de modo a vencer o atrito com a esquadria envolvente;

7) em cada alinhamento, os painéis são desmontados por ordem inversa de montagem e o último painel a sair é o que foi montado em primeiro lugar;

8) desaparafusa-se então toda a esquadria envolvente;

9) retiram-se então os pregos das placas despregadas dos painéis; o reaproveitamento das placas que não tenham sido muito afectadas pela desmontagem implica a repintura dos painéis com uma nova demão de acabamento;

10) a desmontagem do painel de porta só deverá ser efectuada depois de ser colocada uma travação da grade ao nível da base da porta de modo a defender o aro da porta de quaisquer variações dimensionais e esforços mecânicos associados ao seu manuseamento e transporte.

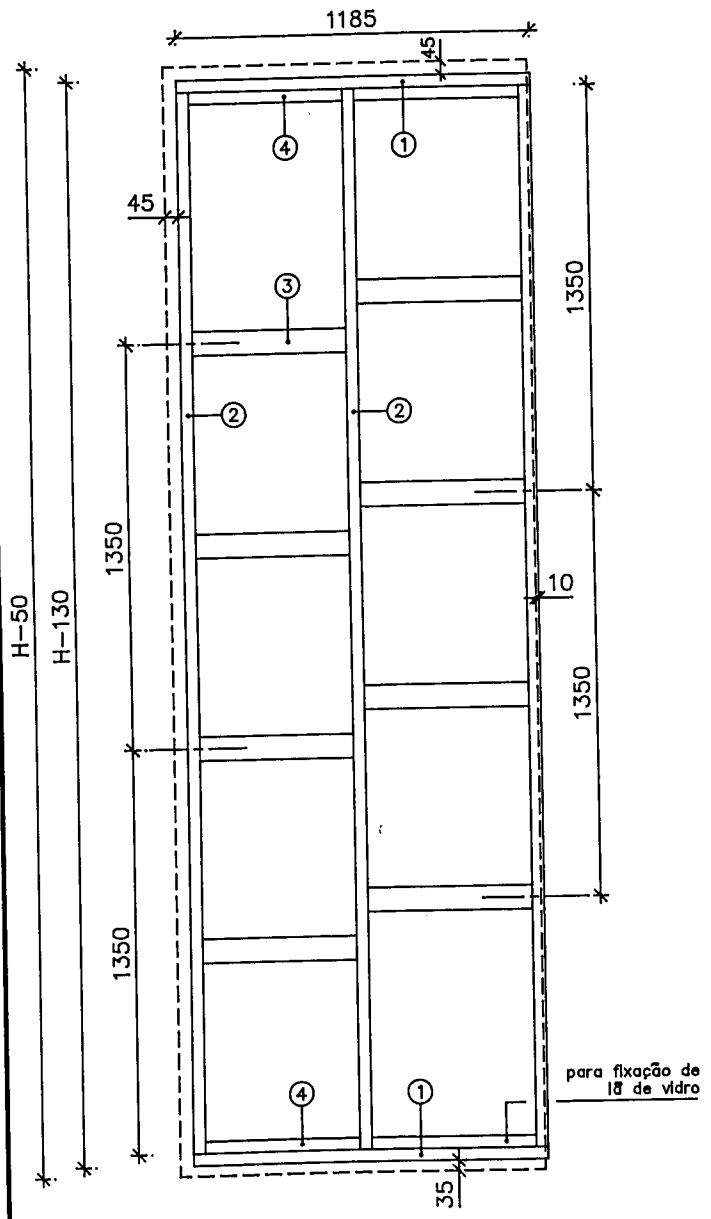
FEUP, Dezembro de 1994

SISTEMA MADLEVE

VERSÃO FINAL

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

PEÇAS DESENHADAS



ALÇADO (PAINEL ABERTO)
(ESC. 1/25)

CARACTERISTICAS (3 SOLUÇÕES-TIPO):

•Caracteristicas Comuns às 3 Soluções:

PEÇAS EM PINHO:

① – 37x80x1185
② – 37x80x(H–204)
③ – 80x20x537
④ – 30x20x537

PLACAS MDF COM 10mm DE ESPESSURA
1220x2440 ; 1220x2750 ; 1220x3660
(Corte macho–fêmea medida por fora)
(H–50)x1220x10: 2 placas

RESILIENTE PKB2 (ROLO COM 5x1m2)

Lateral: 2x(80x(H–130))
Base: 1x(80x1185)

LÃ DE VIDRO (1350x600x20–
–placa PF–ISOVER)
4 PLACAS 1350x537x20
2 PLACAS (H–2898)x537x20
ou
2 PLACAS 1350x537X20
2 PLACAS (H–1548)x537x20

•Caracteristicas Variáveis:

–SOLUÇÃO 1 (máximo pé direito)
H=3.71m (Laje a Laje)
Placas MDF – 3660x1220x10

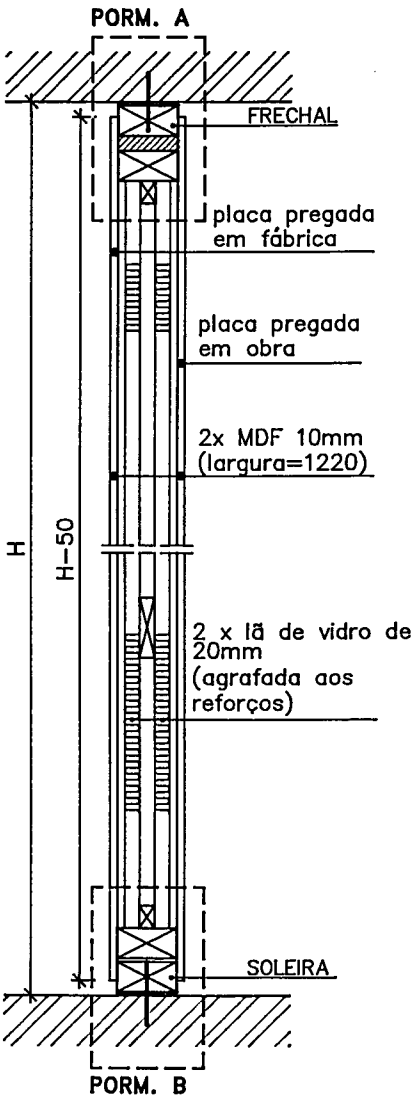
–SOLUÇÃO 2
H=2.80m (Laje a Laje)
Placas MDF – 2750x1220x10

–SOLUÇÃO 3
H=2.49m (Laje a Laje)
Placas MDF – 2440x1220x10

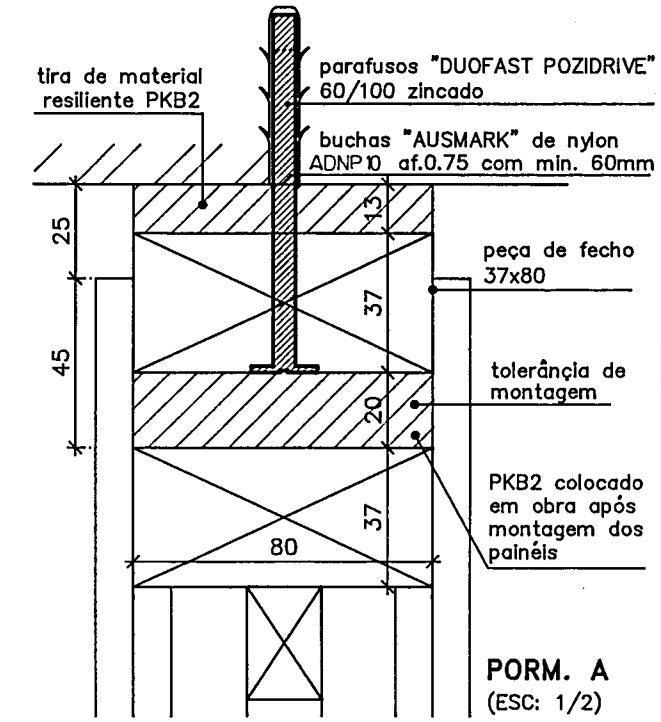
H – Pé Direito

Cotas e dimensões das peças em milimetros

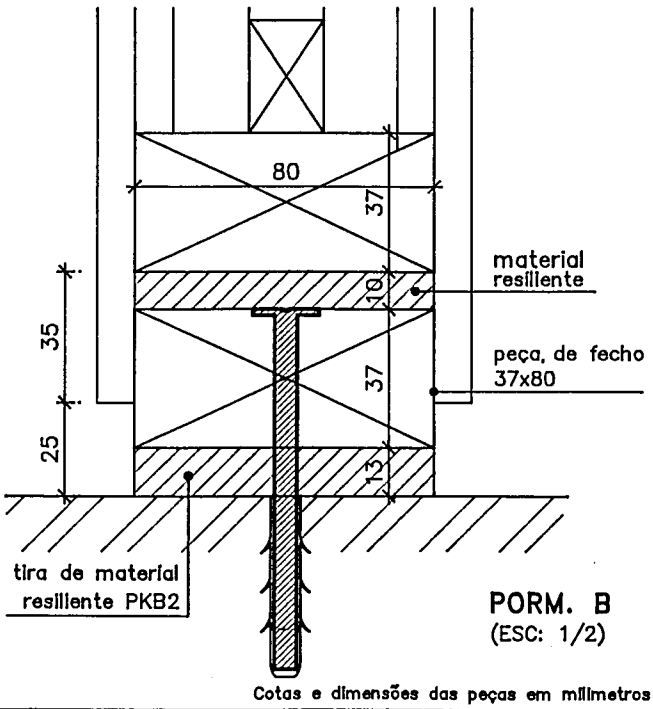
Designação:				Número:
SISTEMA "MADLEVE" MÓDULO CORRENTE – ALÇADO				1
Desenhou: Cristina Paredes	Projectou: Amorim Faria	Data: 94 DEZEMBRO	Escala: 1/25	FINAL



CORTE VERTICAL
(ESC: 1/10)



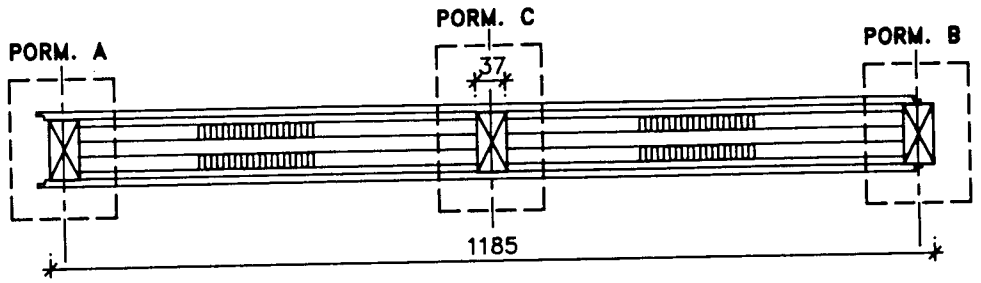
PORM. A
(ESC: 1/2)



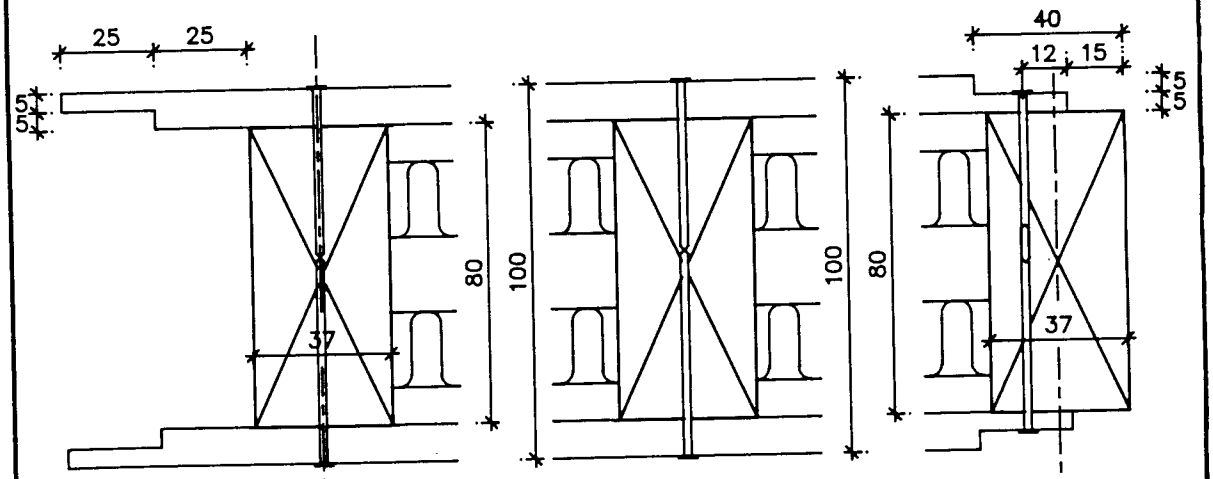
PORM. B
(ESC: 1/2)

Cotas e dimensões das peças em milímetros

Designação:				Número:
SISTEMA "MADLEVE" MÓDULO CORRENTE – CORTE VERTICAL				2
Desenhou: Cristina Paredes	Projectou: Amorim Faria	Data: 94 DEZEMBRO	Escala: 1/2 ; 1/10	FINAL



CORTE HORIZONTAL
(ESC: 1/10)



PORM. A
(ESC: 1/2)

PORM. C
(ESC: 1/2)

PORM. B
(ESC: 1/2)

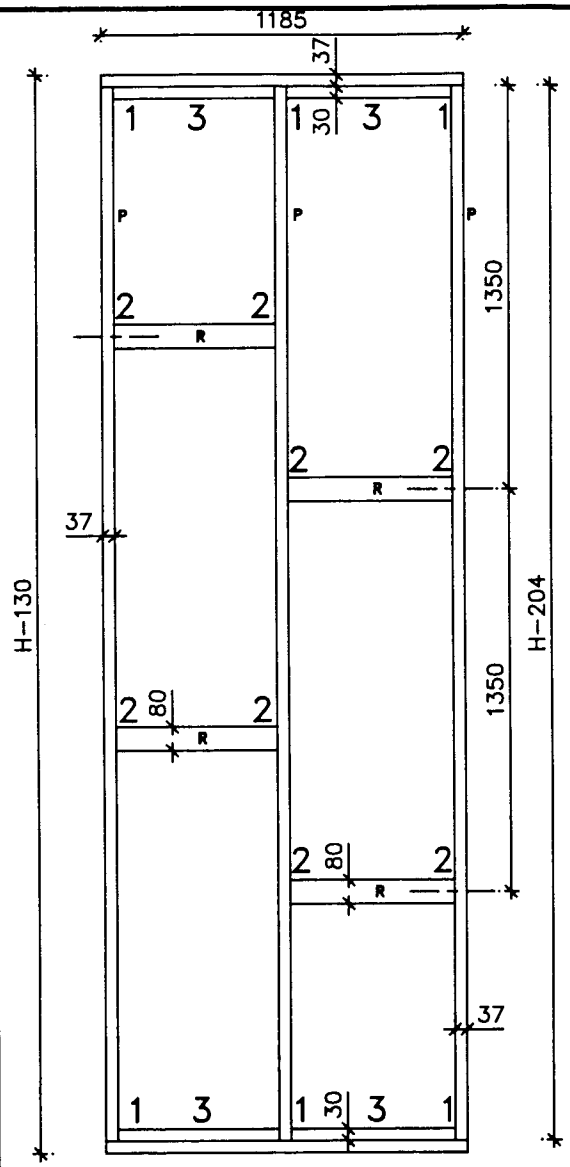
NOTA:

1) As fixações das placas de MDF em oficina serão executas com pregos 21/45 para martelo pneumático espaçados entre si de 15cm.

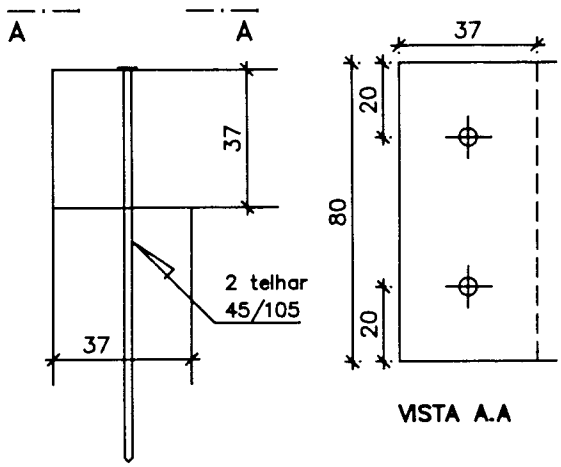
2) As fixações a executar em obra serão executadas com pregos 21/55 espaçados entre si de 15cm e fixados manualmente.

Cotas e dimensões das peças em milímetros

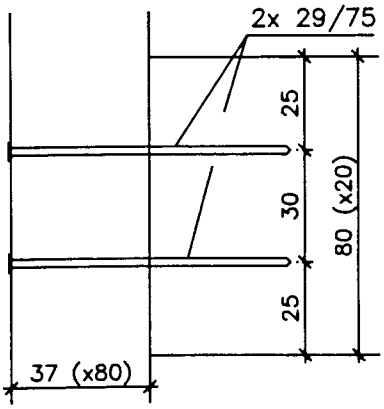
Designação:				Número:
SISTEMA "MADLEVE" MÓDULO CORRENTE – CORTE HORIZONTAL				3
Desenhou: Cristina Paredes	Projectou: Amorim Faria	Data: 94 DEZEMBRO	Escala: 1/2 ; 1/10	FINAL



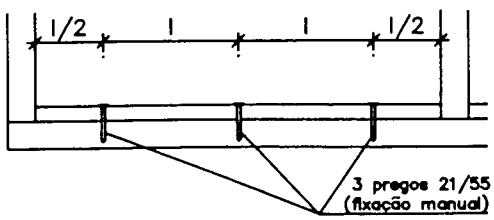
PORMENOR 1 (ESC. 1/2)



PORMENOR 2 (ESC. 1/2)



PORMENOR 3 (ESC. 1/10)



LEGENDA:

T – travessa 37x80x1185
P – prumo 37x80x(H–204
R – reforço 20x80x537
L – peça para fixação lã de vidro 20x30x537

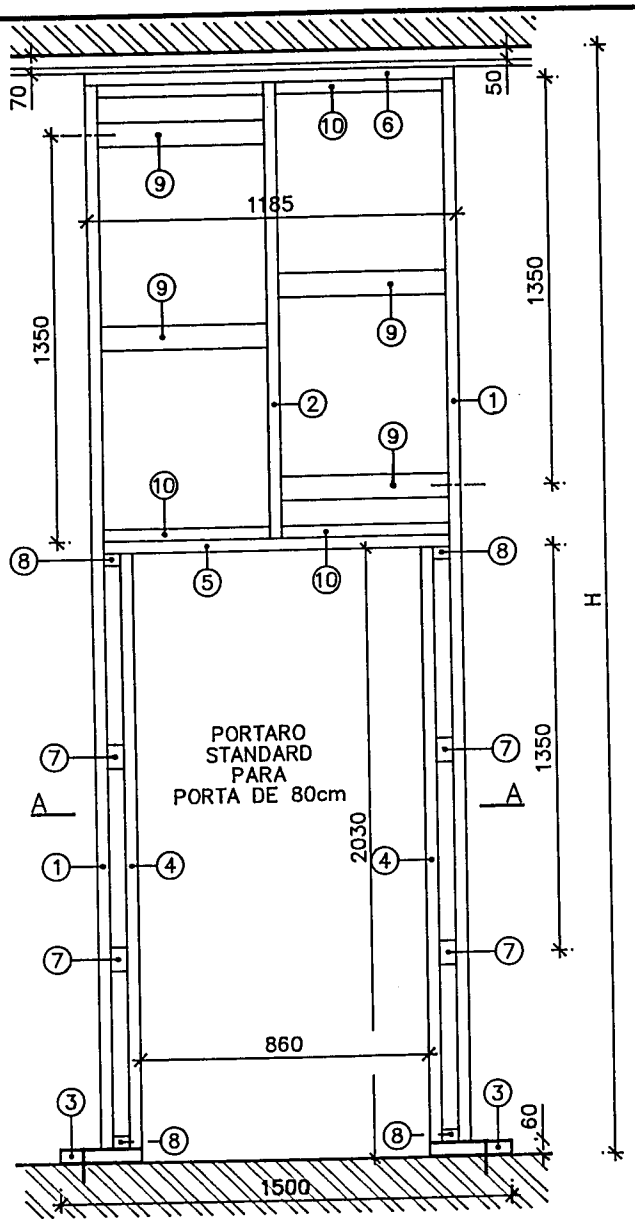
1, 2, 3 – designação dos pormenores ligações

H – pé direito

Cotas e dimensões das peças em milímetros

Designação:	Número:
SISTEMA "MADLEVE" MODULO CORRENTE – PORMENORES DE LIGAÇÕES	4

Desenhou:	Projectou:	Data:	Escala:	
Cristina Paredes	Amorim Faria	94 DEZEMBRO	1/2;1/25;1/10	FINAL



ALCADO (ESC. 1/25)

LEGENDA:

PEÇAS EM PINHO

1 – 37x80x(H–167)
2 – 37x80x(H–2174)
3 – 37x80x283
4 – 37x80x1970
5 – 37x80x1111
6 – 37x80x1185
7 – 80x20x88.5
8 – 30x20x88.5
9 – 80x20x537
10 – 30x20x537

H – PÉ DIREITO (LAJE A LAJE)

PLACAS MDF

(corte fêmea–fêmea – medida por fora)
2005x152.5x10 : 2 placas
(H–2055)x1165x10 : 2 placas (*)

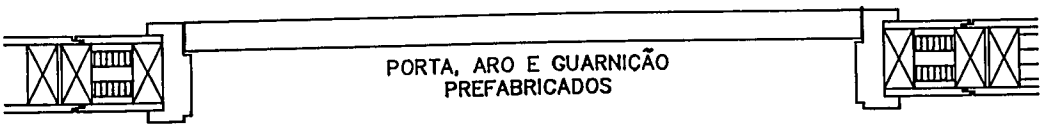
RESILIENTE

lateral 80X(H–130) : 2 vezes
base 80x320 : 2 vezes

LÃ DE VIDRO

a partir de placas 1350x600x20
cortadas à medida dos vãos

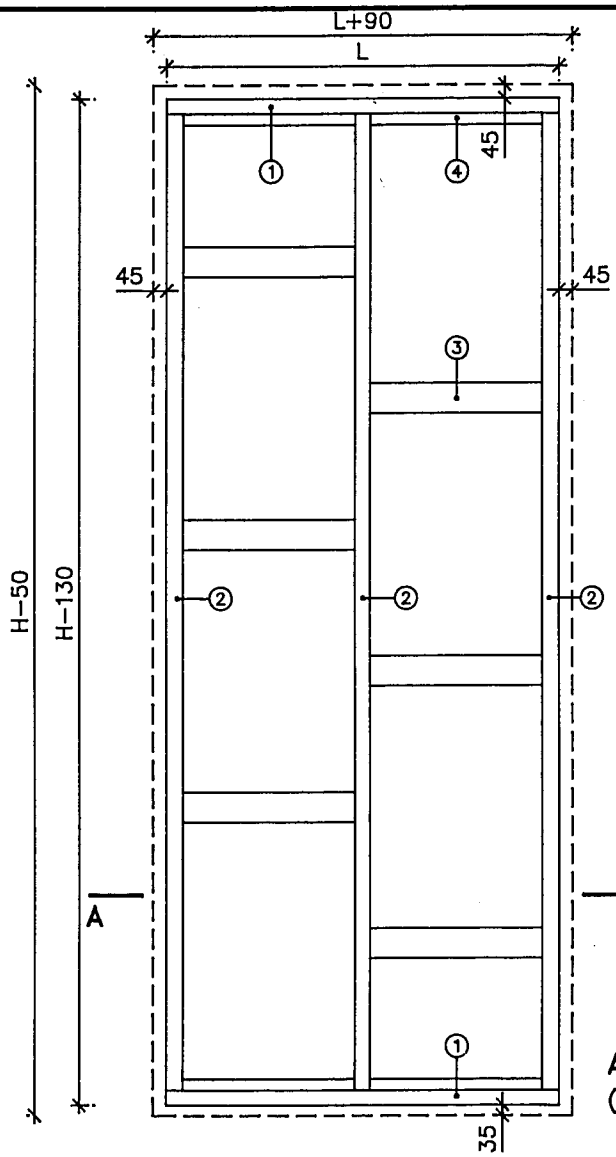
NOTA:
(*) As placas não podem ser pregadas na zona do aro da porta (peça em pinho ⑤)



CORTE A.A (ESC. 1/10)

Cotas e dimensões das peças em milímetros

Designação:				Número:
SISTEMA "MADLEVE" MÓDULO DE PORTA				5
Desenhou: Cristina Paredes	Projectou: Amorim Faria	Data: 94 DEZEMBRO	Escala: 1/25 ; 1/10	FINAL



ALÇADO
(ESC. 1/25)

MATERIAIS:

PEÇAS EM PINHO
1 – 37x80xL
2 – 37x80x(H–204)
3 – 80x20x((L–111)/2)
4 – 30x20x((L–111)/2)

L – medida de painèl de fecho (grade)

PLACAS MDF
2 placas: (H–50)x(L+90)x10

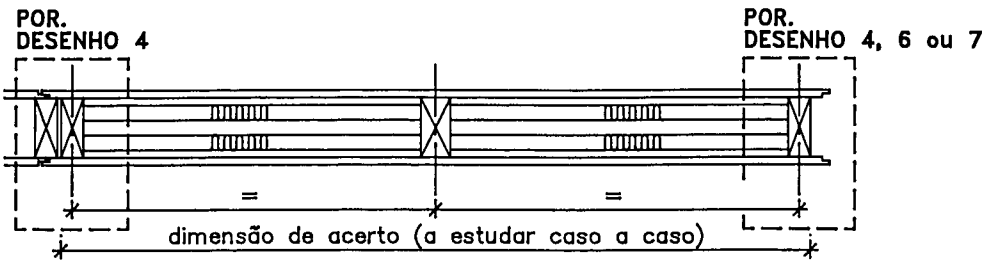
RESILIENTE PKB2
lateral : 2x(80x(H–130))
base : 1x80xL

LÃ DE VIDRO (placa comercial 1350X600X20)
2 placas 1350x((L–111)/2)X20
2 placas (H–1554)x((L–111)/2)x20

NOTAS:

1) Alguns módulos de acerto podem ter placas com ligação macho–fêmea; as placas de MDF terão assim menos 55mm em relação à largura representada

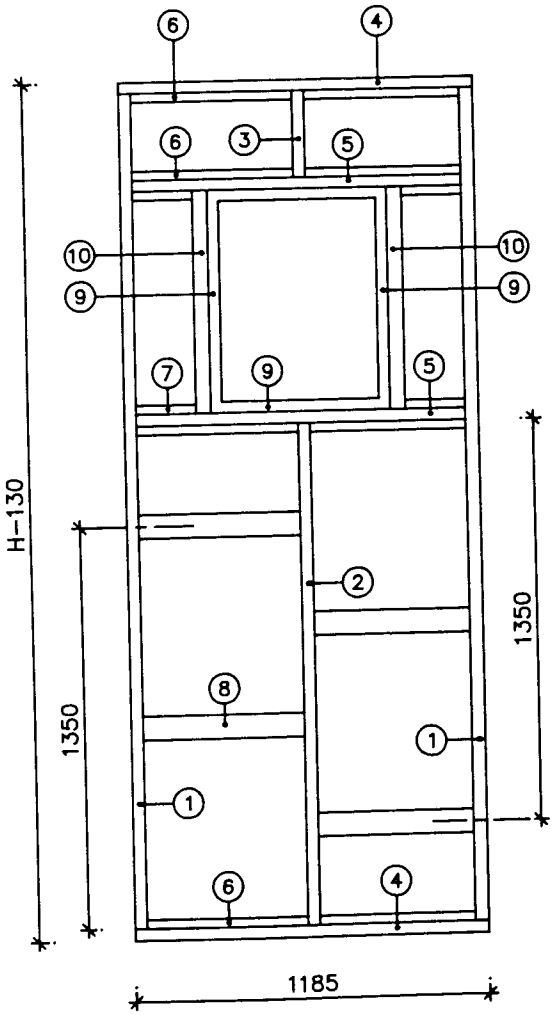
2) Quando L≤600mm só se fazem 2 prumos, ou seja o módulo e simples e não duplo



CORTE A.A (ESC. 1/10)

Cotas e dimensões das peças em milímetros

Designação:				Número:
SISTEMA "MADLEVE" MÓDULO DE ACERTO				6
Desenhou: Cristina Paredes	Projectou: Amorim Faria	Data: 94 DEZEMBRO	Escala: 1/25 ; 1/10	FINAL



ALÇADO (ESC. 1/25)

MATERIAIS:

PEÇAS EM PINHO

1 – 37x80x(H–204)
2 – medidas dependem das dimensões e localização dos envidraçados
3 – idem 2
4 – 37x80x1185
5 – 37x80x1111
6 – 30x20x537
7 – idem 2
8 – 80x20x537
9 – bites de madeira com 20 (1)
10 – idem 2

PLACAS MDF

2: (H–50)x1220x10
com abertura na zona do envidraçado

RESILIENTE

Lateral – 80x(H–130): 2 vezes
Base – 80x1185: 1 vez

VIDRO SIMPLES OU DUPLO

LA DE VIDRO

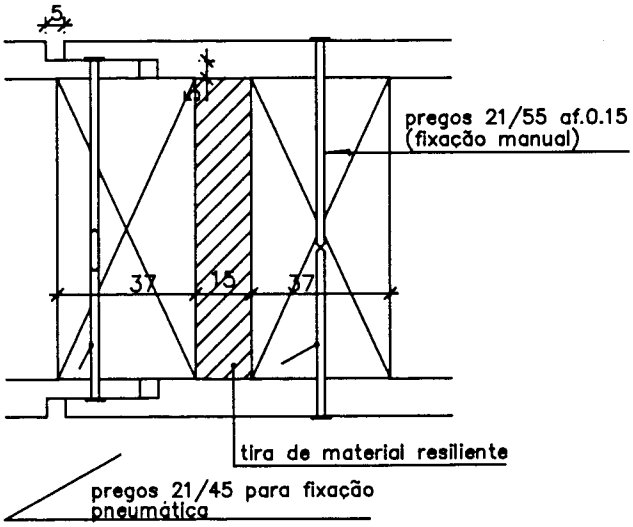
A partir de placas 1350x600x20 cortadas a medida dos vãos

He e Le – Dimensões do envidraçado

1) As outras dimensões dependem do tipo e localização do(s) vidros(s)

Cotas e dimensões das peças em milímetros

Designação:				Número:
SISTEMA "MADLEVE" MODULO CORRENTE COM ENVIDRAÇADO				7
Desenhou: Cristina Paredes	Projectou: Amorim Faria	Data: 94 DEZEMBRO	Escala: 1/25	FINAL



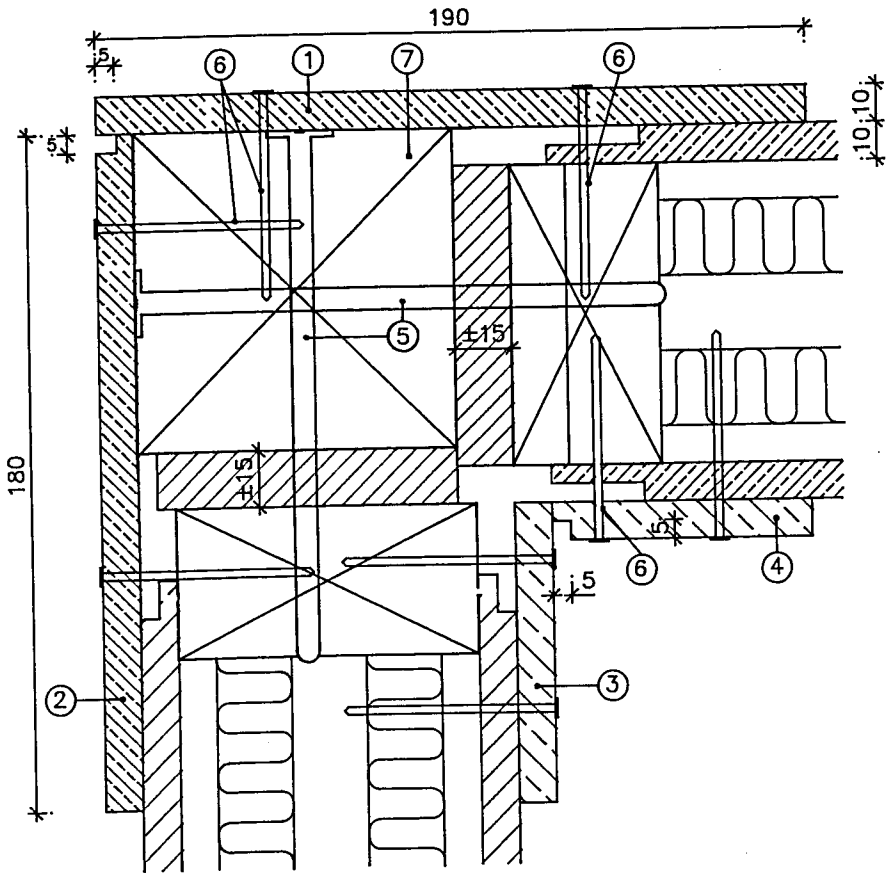
CORTE HORIZONTAL
(ESC. 1/2)

NOTAS:

1) uma das placas é pregada em fábrica
2) a outra placa é colocada em obra e também pregada
3) os painéis são montados em obra com as faces abertas e alinhadas

Cotas e dimensões das peças em milímetros

Designação:				Número:
SISTEMA "MADLEVE" PORMENOR DE LIGAÇÃO VERTICAL ENTRE PAINÉIS				8
Desenhou: Cristina Paredes	Projectou: Amorim Faria	Data: 94 DEZEMBRO	Escala: 1/2	FINAL



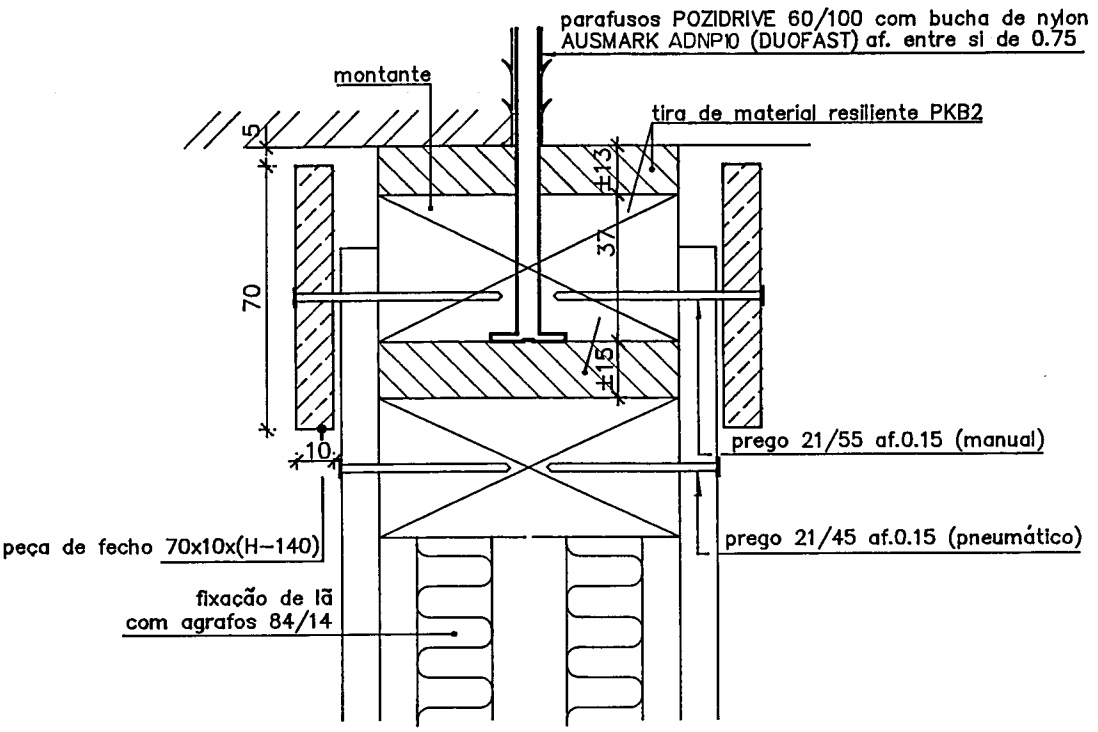
CORTE HORIZONTAL (ESC:1/2)

LEGENDA:

1 – placa MDF 190x10x(H–20)
2 – placa MDF 180x10x(H–20) com dente 5x5
3 – placa MDF 80x10x(H–20)
4 – placa MDF 70x10x(H–20) com dente 5x5
5 – tirefond 7.0/140 (afastados 1 metro)
6 – pregos para fixaçao manual 21/55
7 – prumo em pinho lamelado colado 85x85x(H–20)

Cotas e dimensões das peças em milimetros

Designação:				Número:
SISTEMA "MADLEVE" ÂNGULO SALIENTE / REENTRANTE				9
Desenhou: Cristina Paredes	Projectou: Amorim Faria	Data: 94 DEZEMBRO	Escala: 1/2	FINAL

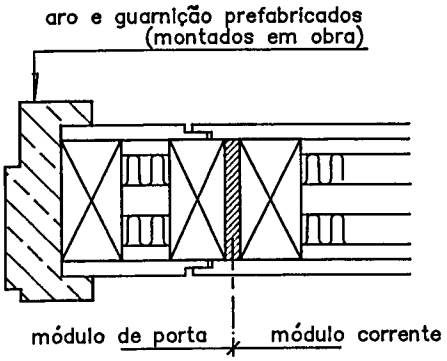


CORTE HORIZONTAL (ESC. 1/2)

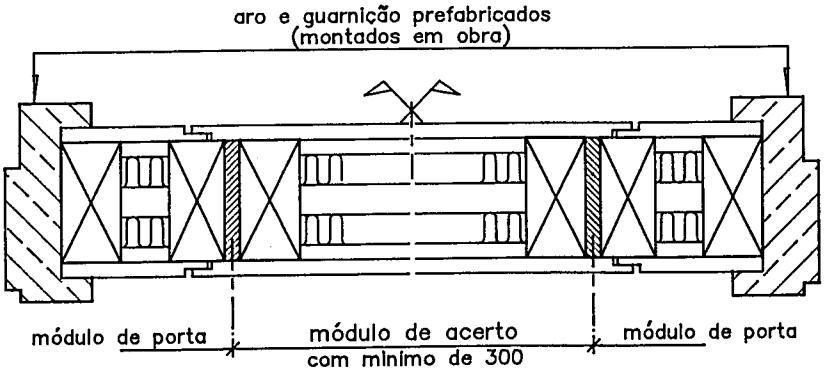
Cotas e dimensões das peças em milímetros

Designação:	Número:
SISTEMA "MADLEVE" LIGAÇÃO A PAREDE RIGIDA (Fecho Lateral)	10

Desenhou:	Projectou:	Data:	Escala:	
Cristina Paredes	Amorim Faria	94 DEZEMBRO	1/2	FINAL



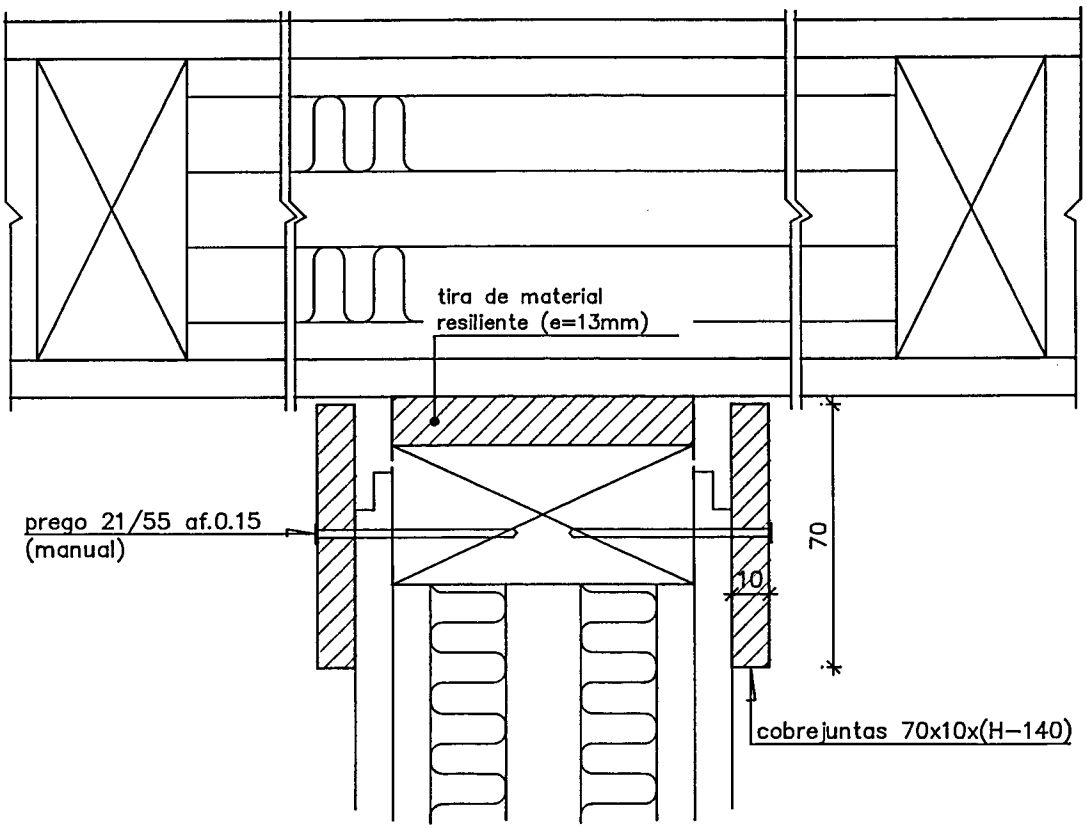
SITUAÇÃO CORRENTE
CORTE HORIZONTAL (ESC: 1/5)



SITUAÇÃO DE 2 MÓDULOS DE PORTA CONTIGUOS
CORTE HORIZONTAL (ESC: 1/5)

Cotas e dimensões das peças em milímetros

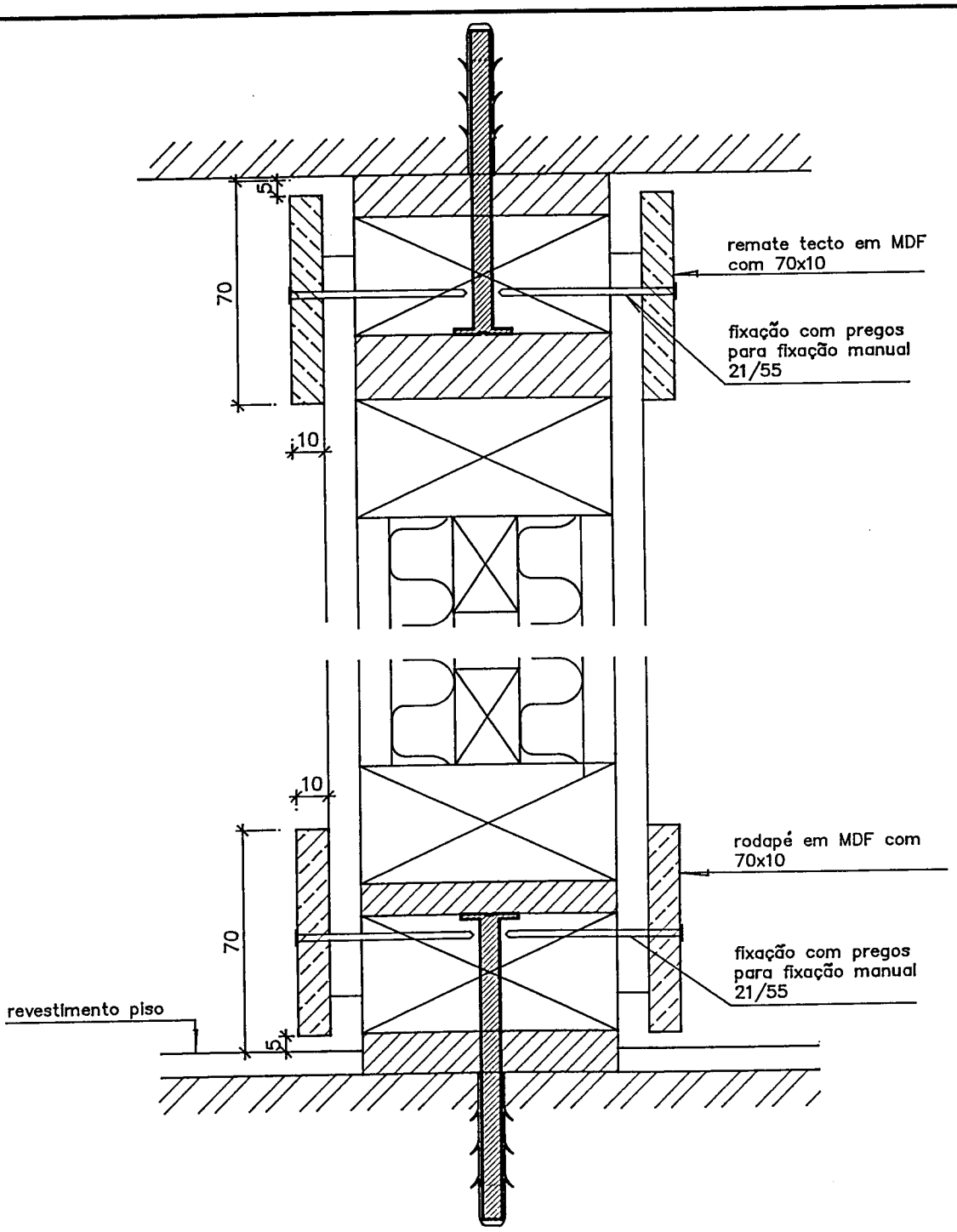
Designação:				Número:
SISTEMA "MADLEVE" LIGAÇÃO A GUARNIÇÃO DE VÃOS				11
Desenhou: Cristina Paredes	Projectou: Amorim Faria	Data: 94 DEZEMBRO	Escala: 1/5	FINAL



CORTE HORIZONTAL
(ESC. 1/2)

Cotas e dimensões das peças em milímetros

Designação:				Número:
SISTEMA "MADLEVE" LIGAÇÃO EM T				12
Desenhou: Cristina Paredes	Projectou: Amorim Faria	Data: 94 DEZEMBRO	Escala: 1/2	FINAL



Cotas e dimensões das peças em milímetros

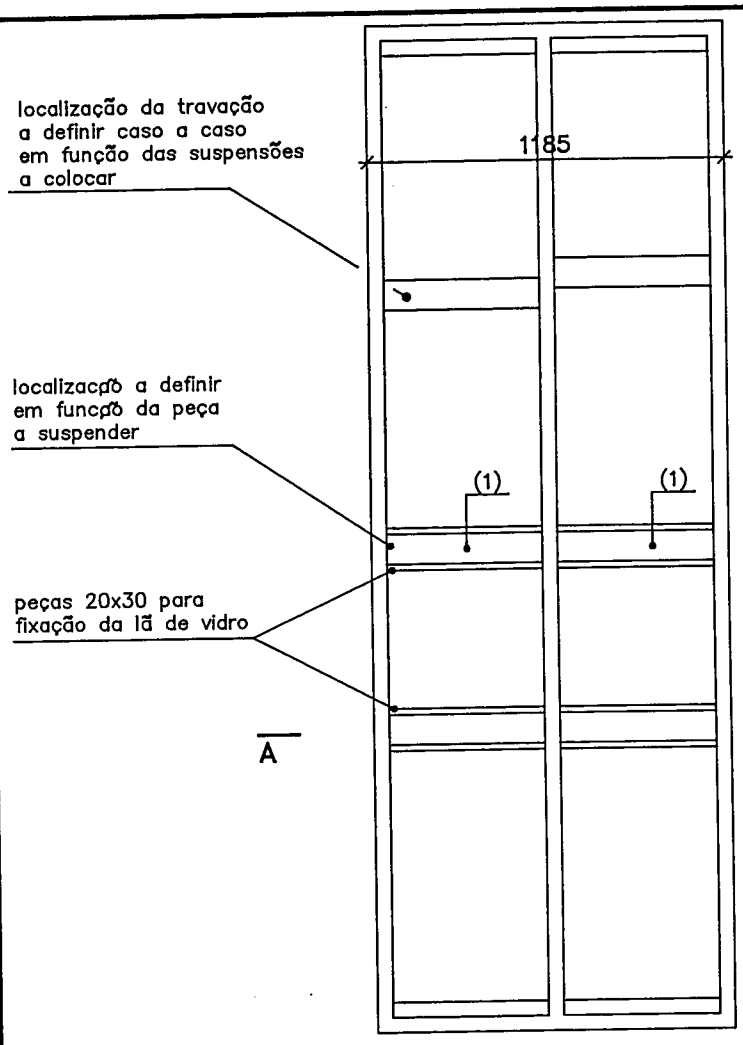
Designação:

SISTEMA "MADLEVE"

REMATE EM TECTO E PAVIMENTO

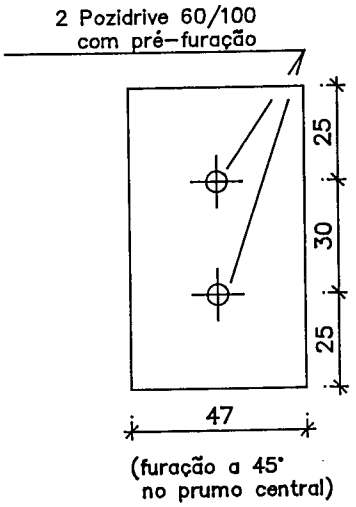
Número: 13

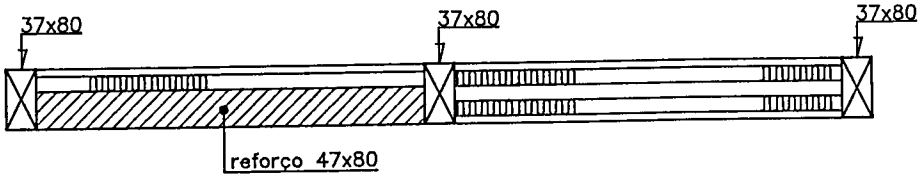
Desenhou:	Projectou:	Data:	Escala:	
Cristina Paredes	Amorim Faria	94 DEZEMBRO	1/2	FINAL



ALÇADO
(ESC. 1/25)

FIXAÇÃO DOS REFORÇOS
(ESC. 1/2)





CORTE A.A (ESC. 1/10)

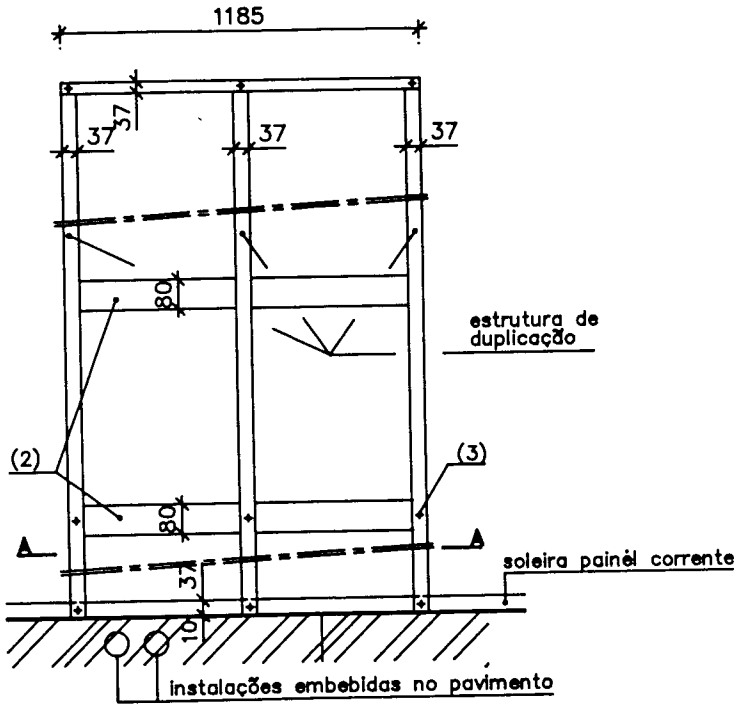
NOTAS:

(1) – Reforço em pinho 47x80 (por simplificação não se desenham as placas)
(2) – Na zona dos reforços e interrompido o isolamento acústico em lã de vidro
(3) – Fixação das suspensões na zona dos reforços com parafusos Pozidrive 6.0/60
(4) – Fixação das suspensões em zona corrente com parafusos Pozidrive 4.5/25

Cotas e dimensões das peças em milímetros

Designação:	Número:
SISTEMA "MADLEVE" FIXAÇÃO DE OBJECTOS PESADOS	14

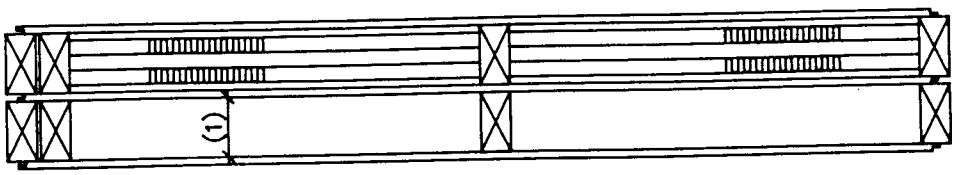
Desenhou:	Projectou:	Data:	Escala:	
Cristina Paredes	Amorim Faria	94 DEZEMBRO	1/25;1/10;1/2	FINAL



ALÇADO (painel aberto ; ESC. 1/25)

NOTAS:

1) dimensão associada às instalações a esconder
2) eventuais reforços para suspensão cargas (pinho 47x80)
3) fixação com tirefonds 70/140 (afastados de 1 metro)



CORTE A.A (ESC. 1/10)

Cotas e dimensões das peças em milímetros

Designação:				Número:
SISTEMA "MADLEVE" SOLUÇÃO PARA "RESERVA TÉCNICA"				15
Desenhou: Cristina Paredes	Projectou: Amorim Faria	Data: 94 DEZEMBRO	Escala: 1/25 ; 1/10	FINAL


FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO
BIBLIOTECA

0000006339