



# **Avaliação de Desempenho de Soalhos Compósitos Industrializados**

## **Estudo de Caso**

**Juliana Rêgo Lopes**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

---

Orientador: Professor José Amorim Faria

---

Co-Orientador: Professor Doutor A.P. Oliveira de Carvalho

SETEMBRO DE 2009

## **MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2006/2008**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A minha mãe e irmãos

Pelo apoio, carinho e amor incondicional, ao meu pai e sua força ainda tão presente em minha vida.

Um raciocínio lógico leva você de A a B. A imaginação leva você a qualquer lugar que você quiser.

Albert Einstein

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus orientadores, Prof. José Amorim Faria e Prof. Dr. António Pedro Oliveira de Carvalho, pelos ensinamentos e estímulo à investigação, ferramentas fundamentais para o desenvolvimento da minha tese e da minha vida profissional.

Esta tese de mestrado não teria sido concretizada sem a colaboração de muitas pessoas em especial ao Sr. João Teixeira, pela sua incomparável força em tudo que faz.

Aos meus amigos da J&J Teixeira SA., em especial ao Engenheiro Edgar Azevedo, Engenheiro Filipe Ferreira e Arquitecto Miguel Teixeira pela ajuda e toda paciência a mim dispensada.

À empresa UPONOR pela disponibilidade prestada.

À minha família portuguesa, em especial à Sónia Cardoso, por tudo.

Acima de tudo agradeço a Deus, luz maior, por mais uma etapa vencida.

## RESUMO

O elevado desenvolvimento tecnológico actual no âmbito da concepção de novos produtos oferece ao mercado da construção civil uma grande variedade de soluções para os diversos sistemas construtivos em edifícios, ainda relativamente mal conhecidas ou avaliadas dos técnicos. Essa situação coloca assim um verdadeiro desafio para os engenheiros e arquitectos que os querem usar, já que estes têm dificuldade em se manter actualizados sobre a oferta disponível em geral.

No grupo dos produtos inovadores, incluem-se os revestimentos de piso de tipo parquet multicamada. Estão disponíveis actualmente normas técnicas de especificação e de ensaio aplicáveis a revestimentos de piso em madeira, incluindo o caso estudado, mas são em número muito elevado.

Neste contexto, o presente estudo faz uma análise de desempenho de um revestimento de piso concreto desse tipo incluindo o seu enquadramento no sector, a descrição, as tarefas a executar pelo fabricante com vista à obtenção da marcação CE e o estudo concreto de duas situações de desempenho ao nível das exigências nas áreas da Acústica e da Térmica de edifícios.

O estudo faz assim referência expressa aos novos desafios que os fabricantes de soalhos terão que enfrentar diante da obrigatoriedade da marcação CE, que irá ocorrer em 2010, através da evidência do processo de certificação de qualidade do soalho industrializado estudado no âmbito da certificação.

O estudo desenvolve-se ao longo de 7 capítulos. O primeiro refere-se à motivação que originou o desenvolvimento do projecto e à organização deste documento. O 2º capítulo relata a evolução histórica dos revestimentos de piso em madeira, classificação e dados europeus ao longo de várias décadas, o 3º capítulo mostra o processo de concepção do soalho “*Ingenious*” fabricado em Portugal, o 4º capítulo descreve o processo associado à marcação CE do produto descrito no capítulo anterior, o 5º capítulo analisa o comportamento do revestimento ao nível dos ruídos de percussão e o 6º capítulo estuda o desempenho do soalho quando aplicado sobre um sistema de aquecimento de piso radiante. No capítulo final apresentam-se as conclusões e desenvolvimentos futuros potenciais para o trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** componentes em madeira, revestimentos de piso em madeira; parquet multicamadas.



## ABSTRACT

The high level of technological development that characterises the actual moment of the construction industry in what relates with new building construction products offers to the Civil Construction market a very large variety of solutions for many specific construction systems still today relatively badly known by the users or evaluated. This situation is very challenging for architects and engineers that want to use those innovative solutions, considering the need to study and be constantly updated with technical information and specifications about a large amount of products.

In the group of the innovative solutions, one can include the wood floor coverings, and especially those treated in this dissertation, the multi-layer parquet floor coverings. Actually, the more important standards and technical specifications are available, including the studied type of floor, but they are in a very high number.

In this context, this study analyses the performance behaviour of a specific case of multi-layer parquet floor covering, including its evaluation in the context of the floor coverings sector, its description, the tasks that must be performed by the producer to obtain the CE mark and the study of two relevant performance evaluation situations, related with Acoustic and Thermal behaviour of buildings.

The dissertation also refers specifically the new challenges that floor coverings producers must overcome to face the compulsory CE marking that will occur in 2010, mentioning all the quality control process and all the tasks related with the certification process.

The dissertation includes seven chapters. The first presents the motivation for the project and the structure of the dissertation. The second relates the historic evolution of timber floor coverings, its classification including European statistical data on the subject: The third presents the multi-layer parquet floor covering “*Ingenious*”, produced in Portugal, including the description of quality control tasks. The fourth describes the process related with CE marking of this kind of floor. The fifth analyses the performance behaviour of the studied floor in what concerns impact noise. The sixth studies the performance behaviour of the studied floor when used over a heating floor. The final chapter presents the main results of the dissertation and some future developments that can be done to the research that supported the dissertation.

KEY-WORDS: timber components, wood floor coverings, multi-layer parquet floor coverings



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. MOTIVAÇÃO .....	1
1.2. OBJECTIVOS DO ESTUDO .....	5
1.3. ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO .....	5
<b>2. REVESTIMENTOS DE PAVIMENTOS EM MADEIRA .....</b>	<b>6</b>
2.1. INTRODUÇÃO .....	7
2.1.1. HISTÓRIA .....	7
2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS SOALHOS .....	10
2.2.1. SOALHO PARQUET - MACIÇO .....	10
2.2.1.1. MOSAICO .....	10
2.2.1.2. LAMPARQUET .....	11
2.2.1.3. MACIÇO .....	12
2.2.2. SOALHO MULTICAMADAS (COMPÓSITOS INDUSTRIALIZADOS) .....	12
2.2.3. SOALHOS LAMINADOS .....	13
2.3. DADOS EUROPEUS .....	14
<b>3. FABRICO E CONTROLO DE QUALIDADE .....</b>	<b>19</b>
3.1. INTRODUÇÃO .....	19
3.2. O SOALHO DO ESTUDO .....	20
3.3. CARACTERÍSTICAS DOS SOALHOS COMPÓSITOS MULTICAMADAS .....	20
3.4. CARACTERÍSTICAS DO SOALHO INGENIOUS .....	22
3.4.1. DURABILIDADE .....	22
3.4.2. RESISTÊNCIA A DEFORMAÇÃO .....	22
3.4.3. RESISTÊNCIA AO CORTE .....	22
3.4.4. ESTABILIDADE DAS RÉGUAS .....	22

3.4.5. CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS .....	22
3.4.6. CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS .....	23
<b>3.5. GESTÃO DE PRODUÇÃO E QUALIDADE .....</b>	<b>23</b>
3.5.1. REGISTOS DOS PROCESSOS .....	23
3.5.2. O PROCESSO DE FABRICO .....	25
3.5.3. O PLANO DE CONTROLO DO PROCESSO .....	25
<b>3.6. AS ETAPAS DO PROCESSO.....</b>	<b>25</b>
3.6.1. RECEPÇÃO TÉCNICA DA MADEIRA .....	25
3.6.1.1. EXIGÊNCIAS NORMATIVAS .....	26
3.6.1.2. VERIFICAÇÃO DOS PALETES .....	26
3.6.2. PRÉ-SECAGEM .....	26
3.6.3. SECAGEM NA ESTUFA .....	27
3.6.4. MULTI-SERRA .....	29
3.6.5. DESDOBRAMENTO .....	29
3.6.6. CALIBRAGEM DAS LAMELAS .....	29
3.6.7. PREPARAÇÃO DA CAMADA DE SUPORTE .....	30
3.6.8. FUSÃO DOS PAINÉIS .....	31
3.6.9. FINALIZAÇÃO DO PROCESSO E ACABAMENTO DO SOALHO .....	32
3.6.10. SELECÇÃO DO SOALHO .....	33
<b>3.7. EXECUÇÃO DOS TRABALHOS EM OBRA.....</b>	<b>33</b>
3.7.1. CONDIÇÕES GERAIS DOS TRABALHOS EM OBRA .....	34
3.7.2. HUMIDADE DO PAVIMENTO E DA MADEIRA .....	34
3.7.3. CONDIÇÃO DO LOCAL.....	34
3.7.4. RECEPÇÃO E ARMAZENAMENTO DO SOALHO EM OBRA .....	34
3.7.5. SISTEMA DE APLICAÇÃO POR COLAGEM À BETONILHA .....	35
3.7.6. ENVERNIZAMENTO EM OBRA .....	38
3.7.7. RESPONSABILIDADES DA INSTALAÇÃO .....	38
3.7.8. RECUPERAÇÃO DO SOALHO .....	39
<b>4. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1. MARCAÇÃO CE .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE CONFORMIDADE.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3.ENSAIOS DE TIPO INICIAL .....</b>	<b>42</b>

4.3.1. REACÇÃO AO FOGO .....	44
4.3.2. EMISSÃO (LIBERAÇÃO) DE FORMALDEÍDO .....	46
4.3.3. TEOR DE PENTACLOROFENOL .....	47
4.3.4. RESISTÊNCIA A ROTURA.....	47
4.3.5. ESCORREGAMENTO .....	47
4.3.6. CONDUTIBILIDADE TÉRMICA .....	47
4.3.7. DURABILIDADE BIOLÓGICA .....	49
<b>4.4. OUTRAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA .....</b>	<b>49</b>
4.4.1. DUREZA.....	49
<b>4.5. CONTROLO DE PRODUÇÃO EM FÁBRICA (SISTEMA 4).....</b>	<b>51</b>
<b>4.6. MARCAÇÃO E ETIQUETAGEM .....</b>	<b>51</b>
<b>4.7. DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE .....</b>	<b>52</b>
<b>5. RUÍDO DE PERCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>5.1. RUÍDOS NOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>5.2. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE ISOLAMENTO SONORO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
5.2.1. LAJES FLUTUANTES.....	55
5.2.2. SOALHOS COMPÓSITOS DE ALTO DESEMPENHO.....	57
5.2.3. SOALHO FLUTUANTES.....	57
<b>5.3. SONORIDADE .....</b>	<b>58</b>
<b>5.4. NORMAS APLICÁVEIS À MEDIÇÃO DO ISOLAMENTO SONORO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO .....</b>	<b>59</b>
<b>5.5. TIPOLOGIAS DAS FONTES SONORA E METODOLOGIAS DE MEDIÇÃO.....</b>	<b>59</b>
<b>5.6. ENSAIO AO SOALHO “INGENIOUS”.....</b>	<b>60</b>
5.6.1. CRITÉRIO DE ESCOLHA DAS AMOSTRAS.....	61
5.6.2. METODOLOGIA DO ENSAIO .....	61
5.6.3. ENUMERAÇÃO E DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS DO ENSAIO .....	65
<b>5.7. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DO ENSAIO .....</b>	<b>68</b>
<b>6. PAVIMENTOS RADIANTES - RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>73</b>
<b>6.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>73</b>
<b>6.2. A HIGROSCOPIA DA MADEIRA .....</b>	<b>73</b>
6.2.1. HUMIDADE DE EQUILÍBRIO DO SOALHO.....	74
<b>6.3. OS SISTEMAS DE AQUECIMENTO E REFRIGERAÇÃO POR CHÃO RADIANTE.....</b>	<b>76</b>
6.3.1. OS SISTEMAS DE AQUECIMENTO.....	76

6.3.2. OS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO .....	77
6.3.3. APLICAÇÃO DO SOALHO SOBRE SISTEMA DE AQUECIMENTO RADIANTE.....	77
6.3.4. SIMULAÇÃO DO SOALHO INGENIOUS.....	78
6.3.4.1 VALORES CONSIDERADOS .....	78
<b>6.4. A ESCOLHA DA MADEIRA.....</b>	<b>81</b>
<b>6.5. PROTECÇÃO CONTRA HUMIDADE.....</b>	<b>82</b>
<b>6.6. COLAS PARA APLICAÇÃO DO SOALHO.....</b>	<b>82</b>
6.6.1. RESINAS ADESIVAS DE POLIURETANO .....	83
6.6.2. RESINAS ADESIVAS EPOXY.....	83
<b>6.7. RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>83</b>
<b>6.8. CUIDADOS APÓS A APLICAÇÃO .....</b>	<b>84</b>
<b>6.9. ASPECTOS GERAIS DO COMPORTAMENTO DO SOALHO .....</b>	<b>84</b>
<b>7. RESUMO DE RESULTADOS E CONCLUSÕES.....</b>	<b>86</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>93</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1 - Evolução dos soalhos compósitos – mosaico de imagens extraído de site [1].....	2
Figura. 1.2 - Patente do sistema Karks, 1943 [1].....	2
Figura. 1.3 - Comercialização dos soalhos compósitos industrializados, 2008 .....	4
Figura. 2.1 - Parquet, régua em direcções opostas [4].....	8
Figura. 2.2 - Parquet, ponto húngaro [4].....	8
Figura. 2.3 - Montagem técnica do parquet do palácio de Versailles [5].....	8
Figura. 2.4 - Parquet em mosaico (Château de Maisons) [6].....	9
Figura. 2.5 - Parquet mosaico.....	10
Figura. 2.6 - Régua de lamparquet .....	11
Figura. 2.7 - Régua de parquet maciço.....	12
Figura. 2.8 - Parquet multicamadas.....	13
Figura. 2.9 – Direcção das camadas .....	13
Figura. 2.10 – Soalhos laminados .....	14
Figura. 2.11 - Consumo de soalho de madeira ou derivados na Europa – 2007. [13].....	15
Figura. 2.12 - Evolução da produção por tipo de soalho na Europa (de 1993 a 2007) [13].....	15
Figura. 2.13 – Produção de soalho parquet por tipo na Europa [13].....	16
Figura. 2.14 – Produção e consumo do parquet em 2008 [13].....	16
Figura. 2.15 – Produção do parquet por tipo 2008. Dados: FEP [13].....	17
Figura. 2.16 – Utilização por espécies - Dados: FEP [13] .....	17
Figura. 2.17 – Percentual da produção europeia (por países) em 2008 – Dados: FEP [13].....	18
Figura. 3.1 – Camadas que compõem o soalho “ <i>Ingenious</i> ” [14].....	20
Figura. 3.2 – Deformabilidade da madeira.....	21
Figura. 3.3 – Movimento das régua do soalho “ <i>Ingenious</i> ” [14].....	21
Figura. 3.4 – Processo de fabrico do soalho “ <i>Ingenious</i> ” .....	24
Figura. 3.5 – Pré-secagem no pátio exterior.....	27
Figura. 3.6 – Pré-secagem no armazém coberto .....	27
Figura. 3.7 – Secagem na estufa.....	28
Figura. 3.8 – Madeira na estufa.....	28
Figura. 3.9 – Máquina de desdobramento .....	29
Figura. 3.10 – Verificação da espessura da camada nobre com um paquímetro.....	30
Figura. 3.11 – Barrotes de Pinho para preparação da camada estrutural .....	30

Figura. 3.12 – Colagem das camadas .....	31
Figura. 3.13 – Prensa do painel final .....	31
Figura. 3.14 – Máquinas de prensagem dos painéis .....	32
Figura. 3.15 – Máquinas de secagem UV .....	33
Figura. 3.16 – Recepção do soalho “ <i>Ingenious</i> ” em obra.....	35
Figura. 3.17 – Corte das réguas para aplicação .....	35
Figura. 3.18 – Limpeza da prévia da betonilha .....	36
Figura. 3.19 – Aplicação da cola .....	37
Figura. 3.20 – Fixação com pregos ao longo do perímetro do Soalho .....	37
Figura. 4.1 – Princípio de medição da dureza Brinell .....	50
Figura. 4.2 – Exemplo de marcação CE de um produto .....	52
Figura. 5.1 – Laje flutuante [32].....	56
Figura. 5.2 – Calhas com base isolante [33].....	56
Figura. 5.3 – Peça de nivelamento [33].....	56
Figura. 5.4 – Caixa de suspensão de betonilha [33] .....	56
Figura. 5.5 – Compósito de elevado desempenho [33] .....	57
Figura. 5.6 – Soalho pousado sob manta resiliente [33].....	57
Figura. 5.7 – Soalho compósito “ <i>Ingenious Sucupira</i> ” superfície.....	58
Figura. 5.8 – Soalho compósito “ <i>Ingenious Sucupira</i> ” detalhe.....	58
Figura. 5.9 – Comparação dos valores com diferentes recursos de medição [41].....	60
Figura. 5.10 – Representação das câmaras de ensaio .....	62
Figura. 5.11 – Aplicação do soalho “ <i>Ingenious</i> ” de Nogueira com 14 mm na câmara E1.....	63
Figura. 5.12 – Máquina de percussão sobre amostra.....	63
Figura. 5.13 – Máquina de percussão sobre amostra.....	64
Figura. 5.14 – Ensaio sobre soalho de “ <i>Ingenious</i> ” Nogueira de 14 mm .....	64
Figura. 5.15 – Microfones na câmara receptora R1.....	65
Figura. 5.16 – Gráfico de resultados da eficácia a ruído de percussão (Nogueira) .....	66
Figura. 5.17 – Gráfico de resultados da eficácia a ruídos de percussão (Carvalho).....	66
Figura. 5.18 – Gráfico de resultados da eficácia a ruídos de percussão (Sucupira) .....	67
Figura. 5.19 – Gráfico de resultados da eficácia a ruídos de percussão (Todas as amostras) .....	67
Figura. 5.20 – Gráfico comparativo entre a eficácia dos soalhos compósitos e tradicionais maciços ..	68
Figura. 5.21 – Tabela de resultados laboratoriais de isolamento sonoro a ruídos de percussão em soalhos maciços (Laboratório de Acústica da FEUP) .....	69
Figura. 5.22 – Níveis de pressão sonora, com e sem revestimento .....	69

Figura. 5.23 – Eficiência de revestimentos sobre laje de betão, adaptado [43].....	70
Figura. 5.24 – Utilização de tecto falso.....	72
Figura. 6.1 – Soalho Côncavo (Emissão de Humidade) [49].....	74
Figura. 6.2 – Soalho Convexo (Absorção de Humidade) [49].....	74
Figura. 6.3 – Humidade de equilíbrio da Madeira [46].....	76
Figura. 6.4 – Sistema de chão radiante hídrico UPONOR [47] .....	78
Figura. 6.5 – Relatório descritivo do sistema UPONOR para o Soalho “ <i>Ingenious</i> ” .....	79
Figura. 6.6 – Geometria, simulação soalho <i>Ingenious</i> sem cortiça .....	79
Figura. 6.7 – Termometria do Soalho “ <i>Ingenious</i> ” 14 mm, sem cortiça sobre sistema UPONOR .....	80
Figura. 6.8 – Geometria – Simulação soalho <i>Ingenious</i> com cortiça.....	80
Figura. 6.9 – Termometria do soalho “ <i>Ingenious</i> ” 14 mm, com cortiça sobre sistema UPONOR.....	81
Figura. 6.10 – Relação entre a condutividade térmica e o teor de água [48] .....	82

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro. 2.1 - Dimensões do parquet mosaico.....	11
Quadro. 2.2 - Dimensões do lamparquet .....	11
Quadro. 2.3 - Dimensões correctas para parquet maciço .....	12
Quadro. 2.4 - Vantagens e desvantagens dos soalhos laminados .....	14
Quadro. 4.1 - Produtos incluídos na norma EN14342:2005+A:2008 [20].....	41
Quadro. 4.2 - ZA 1 (EN 14342). Ensaio de tipo inicial para revestimento de piso em madeira.....	43
Quadro. 4.3 - Reacção ao fogo de revestimentos de piso em madeira .....	45
Quadro. 4.4 - Condutibilidade térmica de madeiras e derivados.....	48
Quadro. 4.5 - Massa volúmica de Carvalho, Sucupira, Pinho, Maple, Jatobá.....	48
Quadro. 4.6 - Resistência Térmica do soalho “ <i>Ingenious</i> ” de carvalho .....	49
Quadro. 4.7 - Valores médios de dureza Brinell .....	50
Quadro. 4.8 - Exemplo da declaração de conformidade .....	53
Quadro. 5.1 - Amostras ensaiadas .....	61
Quadro. 5.2 - Resultados obtidos.....	65
Quadro. 5.3 - Redução a ruídos de percussão de alguns tipos de soalhos comercializados .....	71
Quadro. 6.1 - Propriedades físicas de algumas madeiras para utilização em soalho [44].....	75
Quadro. 6.2 - Índice da humidade de equilíbrio da madeira [45].....	75

## INTRODUÇÃO

### 1.1. MOTIVAÇÃO

Os revestimentos de pisos em madeiras são, dentre os elementos da construção de edifícios, os que mais influenciam no aspecto final do interior dos mesmos, tanto pela sua relativa importância na arquitectura, enquanto elemento decorativo, como pelo comportamento e desempenho dos materiais empregados na sua fabricação. A classificação tipológica comercial dos soalhos em madeira é muito diversificada, sendo estes, principalmente, empregados no sector habitacional.

A denominação europeia “parquet”, de origem francesa, é utilizada para denominar qualquer tipo de soalho em madeira, porém, outras denominações subsequentes têm vindo a ser usadas, como por exemplo, o parquet industrial, o flutuante, o laminado, o maciço e o parquet multicamadas, sendo este último objecto do nosso estudo. Essas denominações terminológicas às vezes geram confusão no mercado comercial, principalmente no que diz respeito aos parquet multicamadas (também flutuantes) e aos laminados, por causa do aspecto externos e dimensão serem comuns o que leva a problemas de identificação nos utilizadores.

O desenvolvimento das tecnologias de revestimento em madeira revela padrões diferenciados quanto ao conceito e utilização. O rápido surgimento de produtos tão diversificados e adaptados a vários tipos de situação e aplicação fizeram dos soalhos compósitos os mais procurados para as mais variadas aplicações. No enquadramento histórico, antes do aparecimento dos soalhos industrializados em Portugal, utilizava-se o soalho totalmente artesanal designado como “Soalho à Portuguesa” e era construído com todo o cuidado de aproveitamento máximo da madeira sempre oriunda de matas da região. Com o aparecimento da indústria, as régua dos soalhos tornaram-se mais estreitas, surgindo dessa forma os “Soalho à Inglesa”. Actualmente porém, de forma menos expressiva, ainda se utiliza tábuas corridas de madeira maciça. Esta escolha nem sempre resulta num bom sistema, tendo em vista que as condições ambientais onde serão instalados nem sempre são as mais favoráveis, o que ocasiona as reacções das propriedades físicas naturais indesejadas da madeira (sobretudo da retractibilidade).

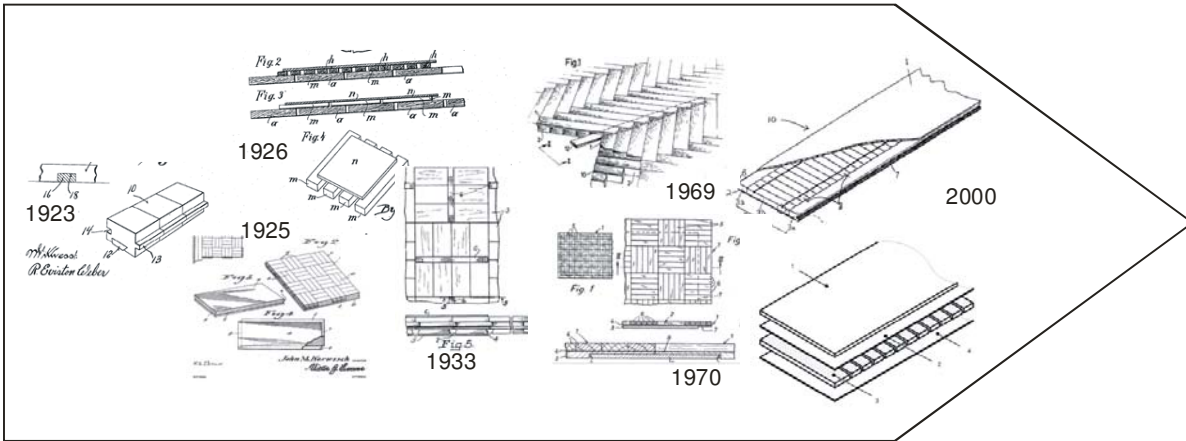


Fig. 1.1 – Evolução dos soalhos compósitos – mosaico de imagens extraído de site. [1]

Os primeiros protótipos industriais dos chamados “Parquet flutuante multicamadas” foram desenvolvidos na Suécia por Gustave Kahrs em 1943. Simultaneamente a este projecto, muitos outros logo apareceram buscando formar grandes painéis à base de elementos menores e pré-acabados em fábrica. Na década de 70, com o aparecimento de soalhos compósitos industrializados produzidos em larga escala e cada vez mais variados em termos de materiais e tecnologias, tornou-se mais difícil a análise diante de tantas possibilidades de escolha.

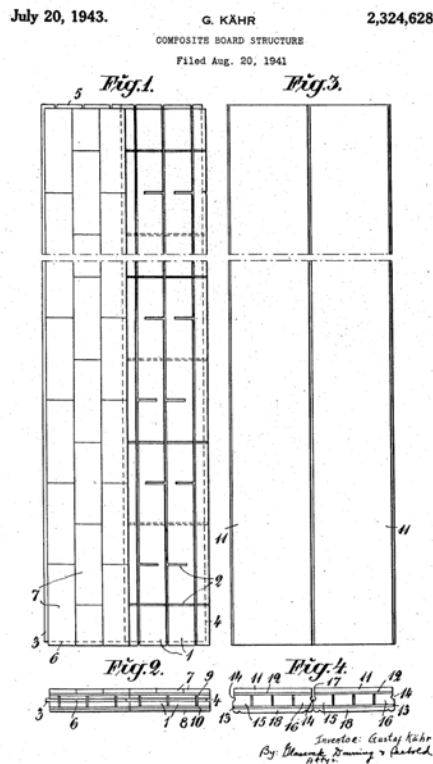


Fig 1.2 – Patente do sistema Karks, 1943. [1]

A busca pela forma mais económica de utilizar a madeira e que pudesse suprir as características de desempenho necessários aos revestimentos de piso levou ao aparecimento de soalhos compósitos com materiais e tecnologias muito variadas. A escassez de madeira nobre obrigou ao tratamento das espécies de madeiras disponíveis tornando o soalho mais leve, porém, mais estabilizado. As características de dureza, flexão, tracção, absorção de água e expansão foram postos à prova e os produtos de tratamento dos materiais envolvidos tornaram os compósitos mais competitivos sem perder o requinte da madeira.

A aplicação em larga escala tornou esse tipo de soalho alvo de crescentes estudos, principalmente no que diz respeito às suas condições de aplicação e desempenho quando submetido aos mais variados tipos de base estrutural e condições ambientais, já que esse motivo é, na maioria das vezes, o agente causador das patologias mais conhecidas.

A utilização da madeira em interiores adiciona um toque mais nobre e acolhedor ao ambiente, sendo esses os aspectos principais para o usuário. Por outro lado este, quando mal escolhido, poderá ser motivo de verdadeiro transtorno numa habitação e transforma-se em verdadeiro “vilão” para o construtor. A análise da qualidade de um soalho em madeira vai muito além dos padrões estéticos, sendo necessário dominar completamente o conceito técnico associado e procurar os meios para análise do seu comportamento durante o uso que deverá ser validado recorrendo a ensaios ou recursos adequados.

Em termos genéricos um soalho em madeira deve apresentar as exigências mínimas funcionais de segurança, resistência à humidade, estabilidade, conforto térmico e acústicos. A maioria desses requisitos fazem parte das exigências para marcação CE e têm como objectivo principal manter a qualidade do produto e sua conformidade de produção, de forma a poder atender a todas as expectativas do cliente/utilizador.

As exigências funcionais de um edifício, no tocante aos revestimentos de pavimentos, devem responder a um vasto conjunto de necessidades humanas, tendo em consideração que os soalhos são dentre os materiais de construção, aqueles que estão de forma mais directa em contacto com o utilizador. Assim sendo, a escolha de um soalho depende directamente do tipo de solução construtiva e exigências impostas pelo projecto.

A análise de um soalho de madeira tem como base um estudo das três fases distintas do produto, ou seja o fabrico, a aplicação e o uso. Cada uma dessas fases pode influenciar no desempenho final do produto de forma distinta.

As principais patologias actuais em revestimentos de madeira estão relacionadas com a humidade que decorre da má qualidade de recepção e acondicionamento do soalho em obra. A falta de garantias na recepção em obra pode gerar problemas tanto durante a fase de execução quanto durante a utilização, principalmente por tratar-se de um produto tão sensível às condições ambientais envolventes, como é o caso da madeira.

De acordo com dados da Federação Europeia de Parquet (FEP), os soalhos compósitos multicamadas continuam sendo o tipo de revestimento de pavimento mais aplicado na Europa [2]. Os soalhos em madeira são principalmente utilizados no sector habitacional e são comercializados nas mais variadas espécies de madeira e dimensões.

Em Portugal ainda não há dados estatísticos oficiais sobre a utilização dos soalhos compósitos, uma vez que não há empresas em número expressivos que façam parte da FEP. Porém, ao analisar uma empresa do ramo de carpintaria e que fabrica os mais variados tipos de soalhos em madeira é possível visualizar parcialmente o cenário quanto a gama comercial dos revestimentos compósitos de madeira utilizados na construção civil portuguesa.

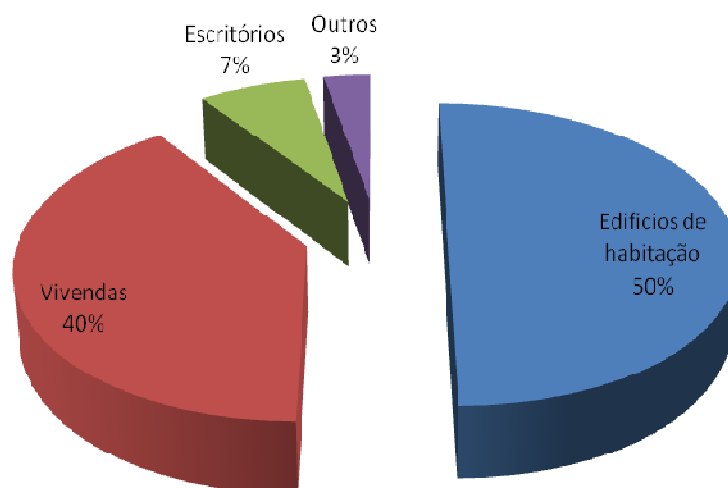


Fig 1.3 – Comercialização dos soalhos compósitos industrializados, 2008  
Dados : JJ. Teixeira SA.

Face ao cenário actual de aparecimento dos mais variados tipos de soalhos compósitos industrializados, justifica-se um estudo comparativo de análise das exigências mais comuns de desempenho dos soalhos em madeiras.

De forma genérica as exigências funcionais para os revestimentos de piso são baseadas em factores que visam a segurança e a habitabilidade:

- Segurança contra riscos correntes (resistência mecânica, escorregamento);
- Segurança contra riscos não correntes (resistência ao fogo);
- Estanqueidade;
- Conforto higrotérmico;
- Conforto térmico;
- Salubridade;
- Conforto Acústico;
- Conforto visual;
- Conforto Táctil.

## 1.2. OBJECTIVOS DO ESTUDO

Diante das existências de desempenho dos produtos da construção civil nos últimos anos, fabricantes, construtores e consumidores do mercado imobiliário depararam-se com mudanças significativas diante do aparecimento de produtos das mais variadas tecnologias.

Os fabricantes, por um lado, ainda estão a adaptar-se às exigências impostas pela marcação CE e, por outro lado, os construtores estão a começar a tentar obter um melhor proveito deste novo instrumento normativo e por último o utilizador que busca a satisfação e a quem cabe o papel de conhecer o produto para dele poder tirar um melhor proveito.

A análise presente neste trabalho baseia-se num estudo de caso de um soalho compósito industrializado, fabricado pela empresa JJ.Teixeira SA, tendo como objecto a caracterização de um soalho multicamadas em madeira e mostrando o seu desenvolvimento desde o fabrico e controlo de qualidade até as exigências de aplicação.

Baseando-se na realidade da nova directiva europeia para os produtos da construção civil [3], o presente estudo refere-se a todas as fases necessárias à marcação CE do soalho multicamadas objecto do estudo.

A investigação efectuada sobre o soalho inclui ensaios acústicos a ruídos de percussão realizados no laboratório de acústica da FEUP e ainda uma análise feita através de experiências práticas desenvolvidas ao longo do tempo pela empresa JJ. Teixeira nas situações em que o soalho é aplicado sobre sistema de aquecimento por chão radiante.

## 1.3. ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo desenvolve-se ao longo de sete capítulos, sendo o primeiro de introdução onde se incluem algumas considerações preambulares e de motivação da dissertação.

O capítulo 2 é destinado à história e evolução dos revestimentos de piso em madeira, sua classificação e dados importantes referentes ao consumo do parquet ao nível europeu.

O capítulo 3 aborda as características do soalho objecto de estudo, o soalho “*Ingenious*” fabricado pela empresa JJ. Teixeira SA, incluindo todo o seu processo de fabrico e gestão de qualidade e a referência à fase de execução dos trabalhos em obra.

O capítulo 4 descreve todo o processo necessário à marcação CE do produto incluindo as tarefas fundamentais à avaliação da conformidade e à descrição dos ensaios iniciais para o processo de marcação e todo o controlo em fábrica.

O capítulo 5 é dedicado ao ensaio acústico (ruído de percussão) para o soalho estudado, tendo como referências as normas actuais vigentes em Portugal.

O capítulo 6 refere-se a recomendações de qualidade visando um melhor desempenho dos soalhos compósitos multicamadas sobre sistemas de aquecimento por chão radiante.

Por fim, o capítulo 7 apresenta a síntese do trabalho realizado, com exposições do ponto de vista prático, análise dos resultados de desempenho gerais, comparações entre os principais sistemas de revestimentos e sugestões práticas de evolução no sector, tendo em vista melhorias construtivas e de eficiência técnica em cada etapa do processo.

## REVESTIMENTO DE PAVIMENTOS EM MADEIRA

### 2.1. INTRODUÇÃO

#### 2.1.1. História

Os primeiros revestimentos de madeira que se tem conhecimento datam de ano 3000 AC. Nesta época utilizava-se a madeira como pavimento nos navios pelos egípcios. Desde a antiguidade o homem tem utilizado a madeira como pavimento, as excelentes propriedades e desempenho na construção tornaram a madeira desde sempre num excelente aliado contra as intempéries sendo este primeiramente utilizada em pavimentos com funções estruturais. Na arquitectura francesa encontram-se muitos exemplos de revestimentos em madeiras que remontam ao século II. Na idade média, até ao século XVI, os habitantes dos castelos dividiam as suas grandes salas também com seus animais e a necessidade de lavar o chão com água implicava a utilização de pavimentos em pedras, não sendo, dessa forma, a madeira uma opção muito viável. Os pavimentos em madeira nesta época eram habitualmente aplicados sob locais de honra nos castelos, sob camas, bancos e mesas de salões de festas de inverno, marca assim um estatuto social elevado. Em consequência deste facto, a palavra “parquet” tem, supostamente, origem francesa do diminutivo “*parc*” que significa barreira ou cerco que se referiam aos espaços reservados unicamente para os reis, juízes e nobres dos palácios. Somente no começo do século XVII a palavra “parquet” começou a ser utilizada como sinónimo de revestimento de pavimentos, durante o renascimento francês. O parquet foi aos poucos substituindo os revestimentos de pedra e mármore. Por causa do bom desempenho térmico, acústico e excelente qualidade decorativa, o parquet de madeira foi introduzido em diversos castelos do Loire, nos países nórdicos e do centro europeu, que dispunham de madeira da própria região como o carvalho e a faia, da Europa Central. Nos países Nórdicos utilizava-se sobretudo madeiras de resinosas como o abeto e o espruce. O castanho, freixo e árvores de origem frutífera como a cerejeira e a pereira eram também muito utilizadas. Os primeiros parquets foram inspirados no mármore italiano, surgindo assim os desenhos que conhecemos nos dias de hoje em palácios como Chantilly, Versailles entre outros.

No século XVII basicamente existiam 2 formas de aplicação do parquet:

- Painéis com 12 a 15 centímetros de comprimento, com réguas pregadas em direcções opostas (figura 2.1).
- Ponto Húngaro, feito de várias réguas de mesma dimensão e cortadas fazendo entre si ângulos de 40 a 50 graus com espessuras de 14 ou 22 mm (Figura 2.2).

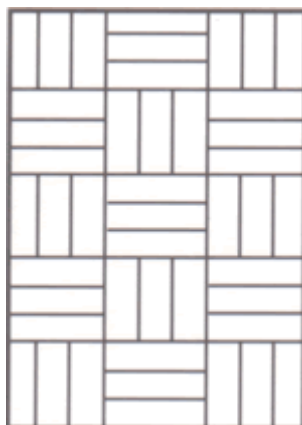


Fig. 2.1 – Parquet, régua em direcções opostas [4].

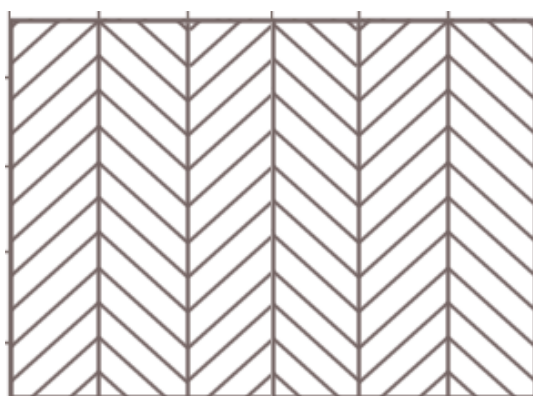


Fig. 2.2 – Parquet, ponto húngaro [4].

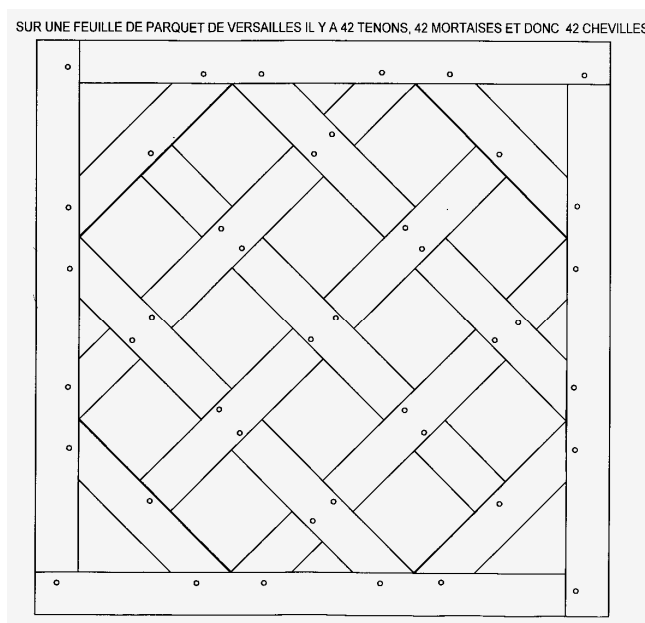


Fig. 2.3 - Montagem técnica do parquet do palácio de Versailles [5].

No século XVII e XVIII, o parquet alcançou o seu grau máximo de refinamento e complexidade. Nesta época foram introduzidas as técnicas do parquet em mosaico, dando maior riqueza artística aos trabalhos com a incorporação de outros materiais como o marfim, pérolas, peles e metais. Famosos artesãos da época foram responsáveis pelo grande impacto na evolução do parquet pois criaram novas técnicas. Por exemplo, no Château de Maisons localizado na Maison Laffite, perto de Paris, encontra-se ainda hoje em muito bom estado de conservação no gabinete dos espelhos, um parquet original em mosaico com desenhos geométricos muito variados.



Fig. 2.4 - Parquet em mosaico (Château de Maisons) [6].

Em 1672 o “Mercury galant”, jornal francês, publica a opinião popular da época declarando que o povo francês já não queria tapetes devido à quantidade de lixo que acumulavam, preferindo os revestimentos em parquet de várias cores e estilos. Desta forma o parquet aos poucos deixou de ser unicamente privilégio dos grandes palácios e passou a ser aplicado em locais públicos, dependências administrativas, comércio, igrejas, mas quase sempre ocupando apenas pequenas áreas. Somente no começo do século XVIII, o parquet converteu-se numa verdadeira moda. Os trabalhos de execução foram simplificados, iniciou-se a comercialização e popularização dos primeiros painéis e régua pregadas directamente sobre o chão ou sobre estruturas de madeira. Com o passar do tempo a quantidade de modelos de parquet foi sendo reduzida e o trabalho de parquet em mosaico foi desaparecendo.

No século XIX, o parquet entra nas casas da burguesia porém com régua mais curtas e formas geométrica mais simples que são até os dias de hoje ainda procurados, como por exemplo, o parquet à inglesa e o ponto húngaro. O parquet confeccionado em elementos de painéis foi então substituído pelo parquet de montagem “*in situ*”. No começo do século XX o parquet continua a ser um revestimento nobre porém cada vez mais popularizado. Actualmente, com o avanço da tecnologia e a descoberta de novos materiais, o parquet tradicional tornou-se menos utilizado. O aparecimento de soalhos compósitos formados por diversas camadas de madeiras coladas leva a que estes sejam actualmente os revestimentos mais vendidos no mercado.

## **2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS SOALHO**

Os soalhos podem classificar-se em soalhos com revestimentos exteriores em madeira maciça e em componentes fabricados a partir de derivados de madeira.

Os soalhos de madeira incluem:

- Madeira maciça (Parquet);
- Compósitos industrializados com camada de topo em madeira maciça ou folheada (Compósitos multicamadas).

Os compostos à base de derivados de madeira incluem:

- Laminados (com camadas estruturais em madeiras ou derivados);
- Camada de topo decorativa (em HPL “High pressure laminates”, impregnação de melamina).

### **2.2.1. Soalho Parquet - Maciço**

Segundo a norma CEN EN 13756 [7], o Parquet é um revestimento em madeira com espessura de camada de topo (desgaste) mínima de 2,5 mm, antes de sua aplicação. São soalhos maciços em réguas de madeira maciça e que, de acordo com aquela norma são classificados em:

- Parquet Mosaico (8 mm de espessura);
- Lamparquet (mínimo 9 mm de espessura);
- Parquet Maciço (maior que 13 mm).

#### **2.2.1.1 Parquet Mosaico**

Os painéis de Parquet mosaico possuem uma norma nacional portuguesa NP 749 [8] e uma norma europeia EN 13488 [9]. Constituem, após aplicação, um soalho composto por réguas de pequenas dimensões em que o comprimento é múltiplo exacto da largura, em que as réguas se posicionam em grupos (normalmente de 5 cinco pequenas réguas) para formar painéis com variadas posições, percutindo assim a formação de desenhos em geral bastante simples (figura 2.6).



Fig. 2.5 – Parquet mosaico.

O quadro 2.1 apresenta as dimensões correntes para este tipo de parquet.

Quadro 2.1 - Dimensões do parquet mosaico.

<b>Espessura</b>	<b>Comprimento</b>	<b>Largura</b>
$\geq 8 \text{ mm}$	$\leq 35 \text{ mm}$	115 a 165 mm

### 2.2.1.2 Lamparquet

O Lamparquet é composto por elementos em madeira maciça de pequenas dimensões com arestas planas para aplicação colado directamente à betonilha. As régua caracterizam-se por uma relação geométrica em que a espessura é normalmente um múltiplo exacto da largura das peças (5 a 7 vezes). A norma EN 13227 [10] estabelece as especificações para este tipo de soalho.

A figura 2.6 e o quadro 2.2 apresentam respectivamente uma representação esquemática de uma régua e as suas dimensões mais correntes.

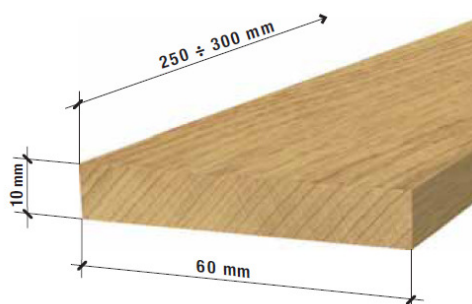


Fig. 2.6 – Régua de lamparquet.

O quadro 2.2 apresenta as dimensões correntes para o lamparquet.

Quadro 2.2 - Dimensões do lamparquet.

<b>Soalho</b>	<b>Dimensão</b>		
	<b>Espessura</b>	<b>Comprimento</b>	<b>Largura</b>
Lamparquet standard	120 a 400 mm	9 a 12 mm	30 a 75 mm
Lamparquet de maior dimensão	350 a 900 mm	13 a 14 mm	60 a 80 mm

### 2.2.1.3. Parquet Maciço

O parquet maciço, com arestas macho e fêmea segundo norma CEN EN 13226 [11], representa-se esquematicamente na figura 2.7. A citada norma estabelece especificações relativas a dimensões, teor de humidade e geometria. A figura também é de referir a norma CEN EN 13228 [12].

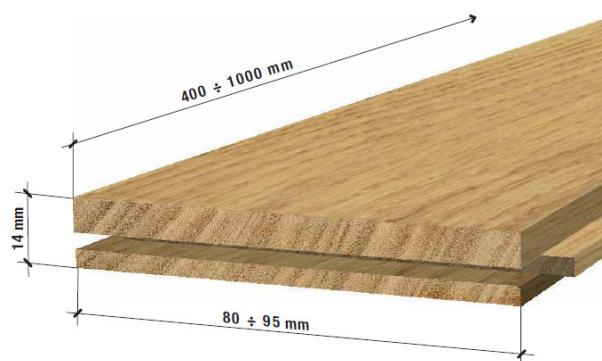


Fig. 2.7 – Régua de parquet maciço.

Quadro. 2.3 – Dimensões correctas para parquet maciço.

<b>Espessura</b>	<b>Comprimento</b>	<b>Largura</b>
$\geq 14 \text{ mm}$	$\geq 250 \text{ mm}$	$\geq 40 \text{ mm}$

A espessura mais habitual de soalho parquet maciço na Europa é de 22mm, outras espessuras habituais são de 15 mm, 16 mm, 19 mm, 22 mm e 23 mm. O quadro 2.3 apresenta os limites máximos correntes para este produto ao nível das dimensões.

### 2.2.2. Soalhos Compósitos Industrializados – Multilayer

Este tipo de soalho, também chamados parquet multicamadas ou industrializados, representa actualmente cerca de 80 % da produção europeia de soalhos em madeira [13]. São pavimentos de madeira em 2 ou três camadas coladas perpendicularmente de forma a sucessiva. A camada superior é geralmente a mais dura, sendo as demais compostas por materiais derivados da madeira, como por exemplo fibras de aglomerado de alta densidade. Os soalhos multicamadas são fabricados numa grande variedade de espessuras, larguras e tamanhos de réguas possuindo geralmente uma camada de topo entre 3 a 4 mm e uma espessura global de 10 a 30 mm.

Além do facto de manterem uma melhor estabilidade devida ao cruzamento das réguas, estes soalhos proporcionam a utilização de madeiras reaproveitadas, o que constitui uma opção ecologicamente correcta, menos onerosa e que proporciona uma melhor relação custo-benefício.



Fig. 2.8 – Parquet Multicamadas.

As vantagens de um soalho do tipo multicamadas são que estes podem ser facilmente renovados (renovação média a cada 10-15 anos), e que as camadas inferiores evitam a deformação e o movimento da madeira de face à vista, assim sendo, o aspecto original da madeira é mantido por muitos anos (figura 2.13).



Fig. 2.9 – Direcção das camadas.

### 2.2.3 Soalhos Laminados

Os soalhos laminados surgiram com o aparecimento dos laminados melamínicos de alta pressão (HPL). Estes revestimentos, inicialmente decorativos, foram concebidos para serem utilizados em revestimentos de balcões e paredes pois imitavam a madeira com a vantagem de terem baixo custo e bom aspecto estético.

Com o avanço da tecnologia desses materiais, os laminados ganharam força no mercado. Por volta de 1970, começaram a aparecer laminados cada vez mais duráveis e resistentes permitindo a sua utilização como revestimento de piso. Os soalhos laminados foram primeiramente desenvolvidos na Suécia e revolucionaram o mercado de soalhos pela sua inovação e estratégia de mercado do tipo DIY (“*Do It Yourself*”). A facilidade na instalação baixou o custo e hoje em dia na Suécia 90 % dos soalhos vendidos são de fácil instalação. Em 1984 os primeiros soalhos laminados começaram a ser vendidos no mercado europeu com sistema de encaixe tipo “click” e camada superficial a imitar a madeira natural.

Os revestimentos laminados são compostos por materiais sintéticos em multicamadas onde a camada de topo é composta por um material plástico rígido, resistente ao desgaste, e que protege a camada de filme decorativa (imitação da madeira). A camada intermediária é composta pela camada de HDF (*Hard Density fiberBoard*), um material de densidade melhorada e mais elevada do que o MDF e, por último, uma película de protecção e equilíbrio a proteger o HDF e aplicada na face inferior do componente (figura 2.10).



Fig. 2.10 – Soalhos Laminados.

O Quadro 2.4 apresenta uma pequena lista de vantagens e desvantagens deste tipo de soalhos.

Quadro. 2.4 – Vantagens e desvantagens dos soalhos laminados.

<b>SOALHOS LAMINADOS</b>	
Vantagens	Desvantagens
Baixo Custo	Pouco resistente à água
Fácil Aplicação	Vida útil curta
Não se desgasta facilmente	Não pode ser renovado após um certo número de anos, é removido por completo e comprado novo (contradiz a vantagem de ter baixo custo)

### 2.3. DADOS EUROPEUS

A Federação Europeia da Indústria de Parquet (FEP) agrupa actualmente 15 países membros da EU. A FEP colige dados estatísticos do mercado sobre a indústria do parquet a nível europeu. Aos poucos as empresas portuguesas ligadas à indústria do parquet começam a integrar a FEP. No presente momento não existem dados estatísticos fiáveis sobre os soalhos portugueses. Na figura 2.11 apresenta-se uma comparação entre os diversos revestimentos de piso em termos de áreas aplicadas. Os laminados representam actualmente cerca de 15 % do mercado.

Segundo dados da Federação Europeia de Parquet (FEP), em 2007 o mercado europeu de parquet cresceu mais de 4 %, porém, em 2008 a indústria do parquet foi confrontada com o abrandamento dos negócios das empresas. O enfraquecimento da produção e consumo em 2008 foi consequência da crise económica mundial e da baixa no sector da construção civil na Europa. Com base nos relatórios das empresas membros da FEP, estima-se que 2009 continuará a ser um ano difícil para os fabricantes de parquet, esperando-se melhorias para 2010.

Os dados mostram que o Carvalho é a espécie de madeira mais procurada para os soalhos na Europa, representando-se 57 % do consumo total. Em seguida estão as espécies de madeiras tropicais. Na Europa o país de maior consumo de parquet é a Alemanha, vindo em segundo a Espanha, que apesar

de ter uma pequena descida, ainda continua a ser o segundo país de maior consumo, estando em terceiro lugar a Itália.

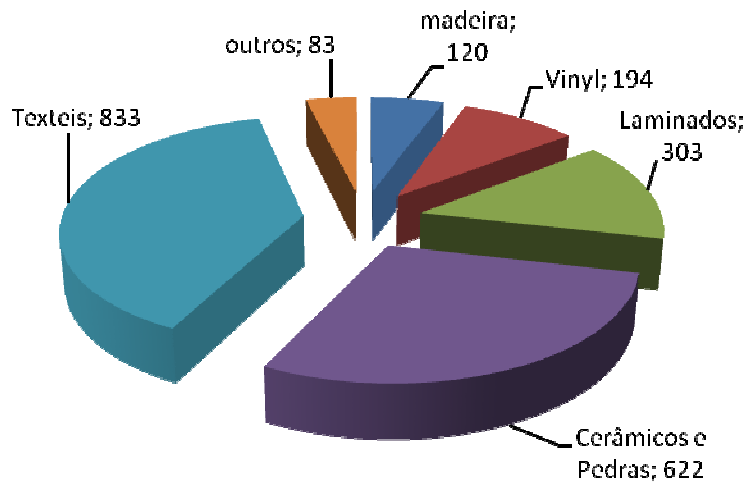


Fig. 2.11 - Consumo de soalho de madeira ou derivados na Europa - 2007 (em milhões m<sup>2</sup>)  
Dados : FEP [13]

A figura 2.13 a 2.17 representa a produção de parquet na Europa sobre diversos critérios.

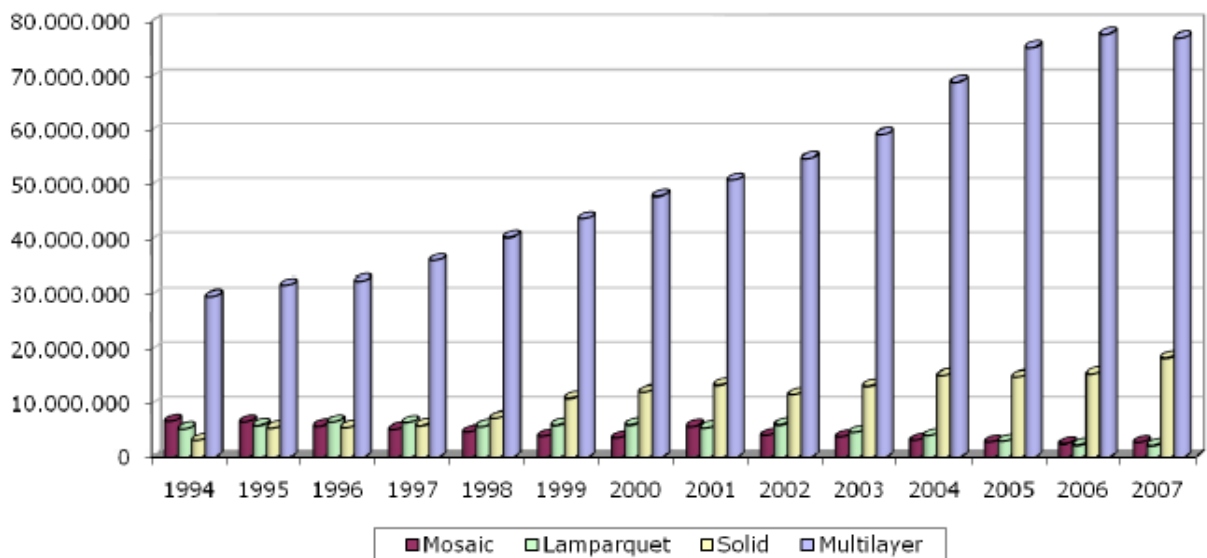


Fig. 2.12 - Evolução da produção por tipo de soalho na Europa (de 1993 a 2007) por m<sup>2</sup>  
Dados : FEP [13]

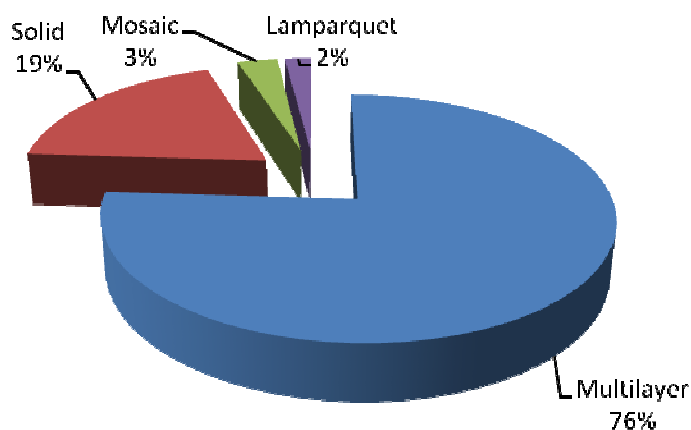


Fig. 2.13 - Produção de soalho parquet por tipo na Europa - 2007

Dados : FEP [13]

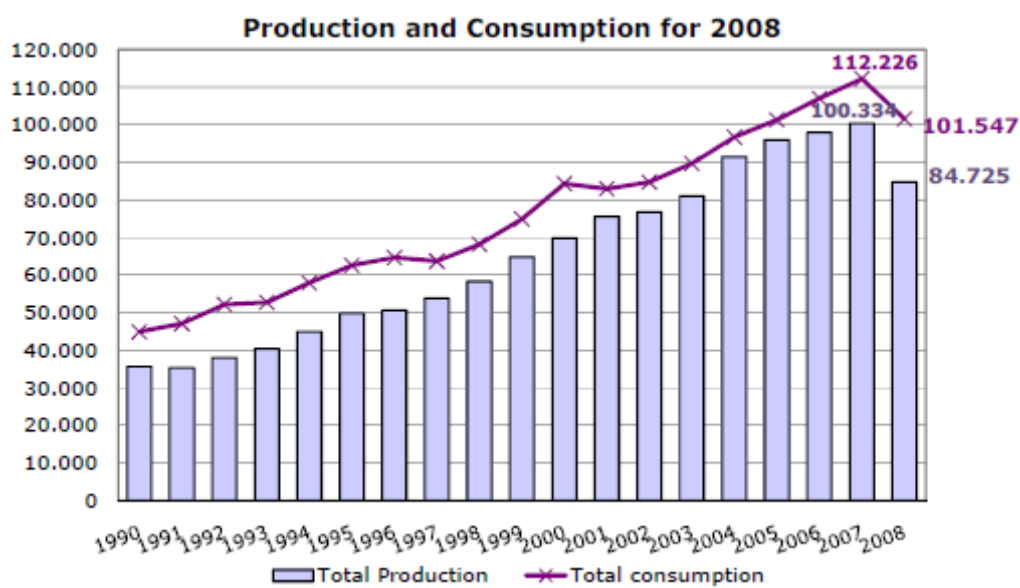


Fig. 2.14 – Produção e consumo do parquet em 2008. Dados: FEP [13]

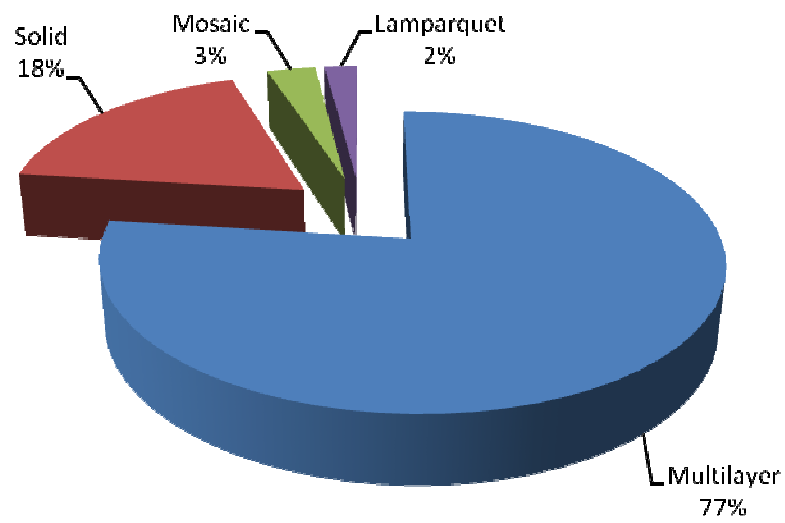


Fig. 2.15 – Produção do parquet por tipo 2008. Dados: FEP [13]

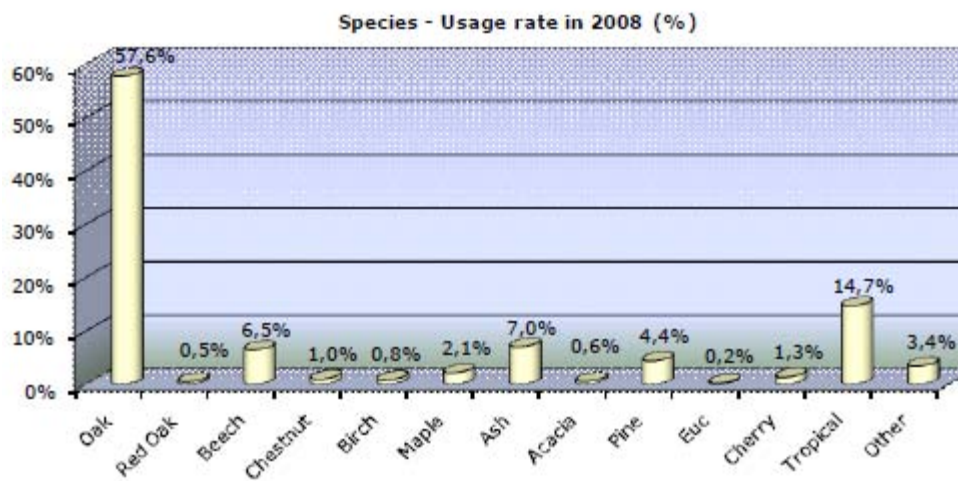


Fig. 2.16 – Utilização por espécies - Dados: FEP [13]

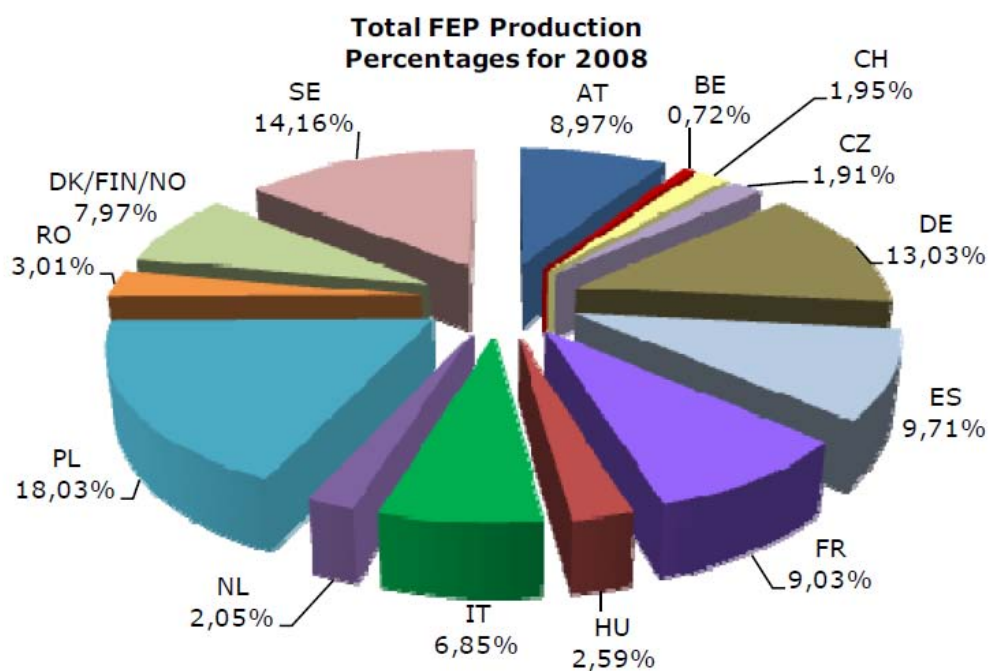


Fig. 2.17 – Percentual da produção europeia (por países) em 2008 – Dados: FEP [13]

## O FABRICO E CONTROLO DE QUALIDADE

### 3.1. INTRODUÇÃO

Ao longo de algumas décadas foram muitos os motivos que levaram à industrialização dos antigos parquet em madeira. A escassez da madeira nobre e a modernização e a competitividade diante de novos materiais para revestimentos de pavimentos motivaram o desenvolvimento dos soalhos compósitos industrializados.

A nível de desempenho técnico os principais objectivos basearam-se em :

- Buscar soalhos mais estáveis face a variações de humidade;
- Obter soalhos mais flexíveis;
- Facilitar aplicação;
- Desenvolver soalhos com acabamento final de fábrica.

A escassez de madeira nobre obrigou à redução na espessura da camada superficial do soalho adicionando a este, uma camada base estrutural mais industrializada tipo “*Sanduíche*”. Buscando-se ainda soalhos mais estáveis que garantissem a movimentação causada pelas características de higroscopia da madeira. Dessa forma, foram desenvolvidos soalhos com estabilidade própria e sistemas de fixação que promovessem a absorção desses movimentos [18].

O acréscimo de uma camada mais flexível na composição do soalho, a adesão, fixação, encaixe das réguas e o acabamento em fábrica também fizeram desses soalhos um produto de grande aceitação no mercado da construção civil.

A alta tecnologia e qualidade faz dos soalhos compósitos industrializados o mais moderno e seguro produto em matéria de revestimentos de pavimentos em madeira na construção civil.

A linha de produção e o controlo de qualidade de fabrico abordado neste capítulo refere-se à fabricação de um soalho compósito multicamadas desenvolvido pela empresa J& J Teixeira SA. O soalho “*Ingenious*” é actualmente o soalho mais vendido por esta empresa. A sua comercialização desenvolve-se tanto a nível nacional como internacional, nomeadamente em países da Europa (França e Espanha) e ainda em África (Angola).

### 3.2. O SOALHO *INGENIOUS*

O soalho *Ingenious* da J&J. Teixeira é um soalho composto parquet multicamadas composto por 3 ou 4 camadas, sendo a primeira camada superficial composta por madeira nobre, a segunda camada composta por pequenas régua de pinho ou abeto, a terceira camada de folha de madeira em geral de pinho, em casos específicos, utiliza-se uma camada de suporte em madeira de pinho de maior espessura no mesmo sentido longitudinal da camada nobre conseguindo assim uma maior espessura do soalho, e por último encontra-se a opção da camada de aglomerado branco de cortiça (corticite).

Todos esses elementos são unidos por um ligante de alta resistência e prensados a frio formando um único corpo. O soalho é produzido com largura e comprimento bastante variado, podendo este atingir o comprimento de 3,0 metros, com larguras variando entre 8 e 19 cm. O acabamento em obra, faz deste um soalho económico e de rápida aplicação, uma vez que o trabalho em obra é reduzido já que a aplicação é feita através da colagem directamente à betonilha (ver figura 3.1).

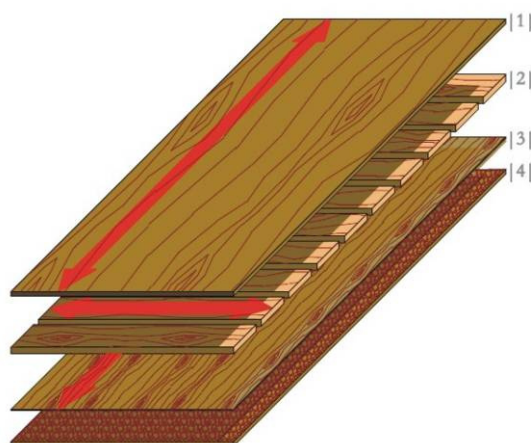


Fig. 3.1 – Camadas que compõem o soalho “*Ingenious*” [14]

- |1| Camada de desgaste: 4 mm de madeira nobre
- |2| Camadas de pequenas régua : 7 mm de madeira de Pinho
- |3| Camada inferior: 1mm de madeira de Pinho
- |4| Corticite : 2 mm

### 3.3. CARACTERÍSTICAS DOS SOALHOS COMPÓSITOS MULTICAMADAS

Sob pequenas cargas, as régua de soalho em madeira maciça tradicional deformam-se segunda a Lei de Hooke, ou seja, as deformações são proporcionais às tensões. Quando o limite de proporcionalidade é ultrapassado, a régua do soalho comporta-se como um corpo plástico e produz uma deformação permanente que com o passar do tempo e aumento da carga poderá ocasionar a ruptura do soalho.

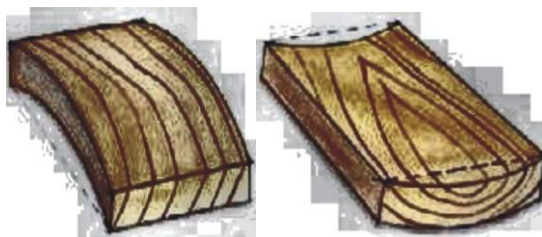


Fig. 3.2 – Deformabilidade da madeira.

Algumas madeiras tendem a curvar-se no sentido longitudinal, apresentando-se assim uma qualidade especial de ultrapassar seu limite de elasticidade por flexão sem romper-se totalmente (figura 3.2).

O valor do módulo de elasticidade no sentido transversal das fibras de madeira está entre 0,4 e 0,5 Gpa e este mesmo módulo no sentido das fibras pode aumentar para 8 a 18 Gpa. A madeira mais nova é mais húmida e flexível do que a madeira mais velha e seca (não flexíveis) e os soalhos compósitos multicamadas possuem uma disposição perpendicular da camada intermédia que estabiliza a flexão minimizando as flechas causadas pelas tensões que ocorrem normalmente durante o tempo de utilização de um soalho.

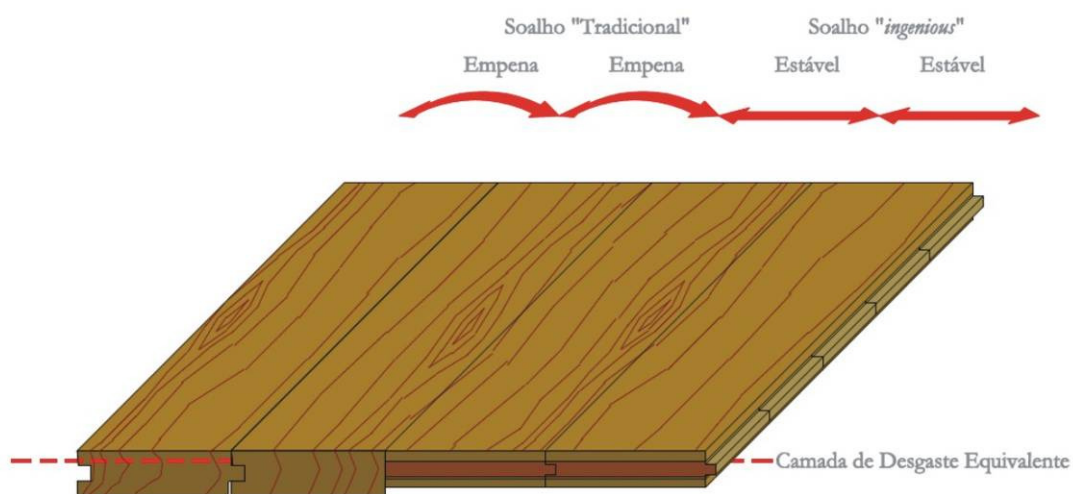


Fig. 3.3 – Movimento das Réguas do soalho “Ingenious” [14]

É evidente que a deformação de empeno condicionada pela anisotropia da madeira dependerá das várias características das madeiras utilizadas para o soalho, entre estas a espécie da madeira utilizada e o teor de água da madeira. As madeiras mais novas são mais flexíveis necessitando muitas vezes de tratamentos químicos para serem utilizadas como soalhos (Pinho, Tola, Carvalho). As mais velhas e mais duras, em geral, não precisam de tratamentos específicos, pois, suas propriedades garantem a estabilidade do soalho. (Ipê, Sucupira, madeiras exóticas no geral). O tipo de utilização pretendido é

que definirá a madeira ideal e as madeiras com maior massa volúmica e dureza são as que proporcionam maior resistência a impactos e um menor desgaste associado ao uso [19].

O teor de água da madeira é variável conforme a qualidade da madeira: a madeira verde, por exemplo, possui um teor de água entre 30 e 70 %, a madeira comercialmente seca tem um teor de humidade entre 18 e 22 %. Durante a fabricação do soalho, o teor de água da madeira poderá estar entre 12 e 18%. Se o soalho estiver muito seco, este poderá aumentar o volume ao ser aplicado, pois, a humidade relativa do ar e dos materiais em contacto é absorvida pelo soalho. Por outro lado, se o soalho estiver demasiado húmido, a adaptação ao local poderá provocar danos irreversíveis ao soalho, relacionados com movimentos e deformações de origem termo-hipsométrica.

### **3.4. CARACTERÍSTICAS DO SOALHO *INGENIOUS***

#### **3.4.1. Durabilidade**

A primeira camada é composta por madeira nobre com espessura mínima de 4 mm, o que garante grande resistência de desgaste ao soalho. Esta espessura mínima baseia-se em estudos feitos sobre soalhos maciços onde estes apresentaram desgaste superficial em limites próximos dos 4 mm. A fim de garantir uma maior durabilidade ao soalho, aconselha-se intervenções de 10 em 10 anos, devendo este ser polido e envernizado garantindo um tempo de vida útil de mais de 30 anos.

#### **3.4.2. Resistência à deformação**

A camada da estrutura interior do soalho em ripado de pinho garante a estabilidade necessária ao soalho e também anula as possíveis deformações naturais da camada superficial de madeira que são geralmente causadas por tensões ou deformações causadas pela humidade dos locais. Para além disso, a camada interior promove mais facilmente o seu equilíbrio térmico.

#### **3.4.3. Resistência ao corte**

A disposição transversal da madeira da segunda camada e a disposição longitudinal da terceira camada impõem resistência às forças que tendem a quebrar ou cortar a régua do soalho em duas partes, quando a direcção do esforço for perpendicular a direcção da fibra da madeira. Para além disso, a última camada de cortiça proporciona um amortecimento em situações de impacto causadas por choques de corpos isolados ou por outros ruídos de impacto como os causados pelo caminhar.

#### **3.4.4. Estabilidade das régua**

O cruzamento de várias camadas de madeiras de natureza diferente e em sentidos opostos garante a estabilidade do soalho pois a característica peculiar do produto é a de trabalhar com materiais que interagem entre si, completando-se no sentido de garantir que as características menos desejadas das madeiras sejam amenizadas.

#### **3.4.5. Características acústicas**

Na indústria dos soalhos a adição da cortiça torna este um soalho confortável, já que a sua granulometria funciona como amortecedora de impactos e as suas características acústicas são melhoradas pela estrutura interna das régua. A sua redução acústica a ruídos de percussão em torno de 18 dB (de acordo com ensaios a ruídos de percussão realizados segundo a norma NP EN ISO140-8) [15] estabelece uma barreira acústica a transmissão de ruídos de impacto promovendo um corte elástico entre o soalho e a estrutura da laje. Este assunto é abordado mais detalhadamente no capítulo 5.

#### 3.4.6. Características Térmicas

A madeira por si só possui um baixo grau de inércia térmica. Porém, as tecnologias construtivas actuais garantem um conforto térmico muito significativo na aplicação do soalho. O capítulo 6 apresenta uma reflexão sobre este assunto em situações de forte stress térmico (pavimentos sobre soalho radiante).

### 3.5. GESTÃO DE PRODUÇÃO E QUALIDADE

#### 3.5.1. Registos dos Processos

Na empresa J&J Teixeira, SA, a documentação técnica implantada regista e monitoriza todo o processo de fabricação do soalho “*Ingenious*”, bem como regista as melhorias implementadas e todos os processos de solução de problemas dentro do processo de qualidade.

O processo de fabrico do soalho desenvolve-se ao longo de várias etapas com processos bem definidos e registados por escalão com vista a um melhor controlo de produção.

Os planos de inspecção, monitorização (PM) e instruções de trabalhos (IT) são coordenados pelo responsável da qualidade do sector e foram elaborados para um desenvolvimento sistémico e mais dinâmico na produção. Na avaliação técnica utilizam-se os mais variados métodos de análise, incluindo a inspecção visual com ou sem utilização de instrumentos (a frequência e metodologia para a inspecção são definidas conforme o grau de importância da etapa). Os registos são recolhidos e processados num sistema informático. Os planos de controlo do processo de fabricação são ferramentas importantes com vista à solução de problemas no processo de fabrico e garantem a qualidade do produto final.

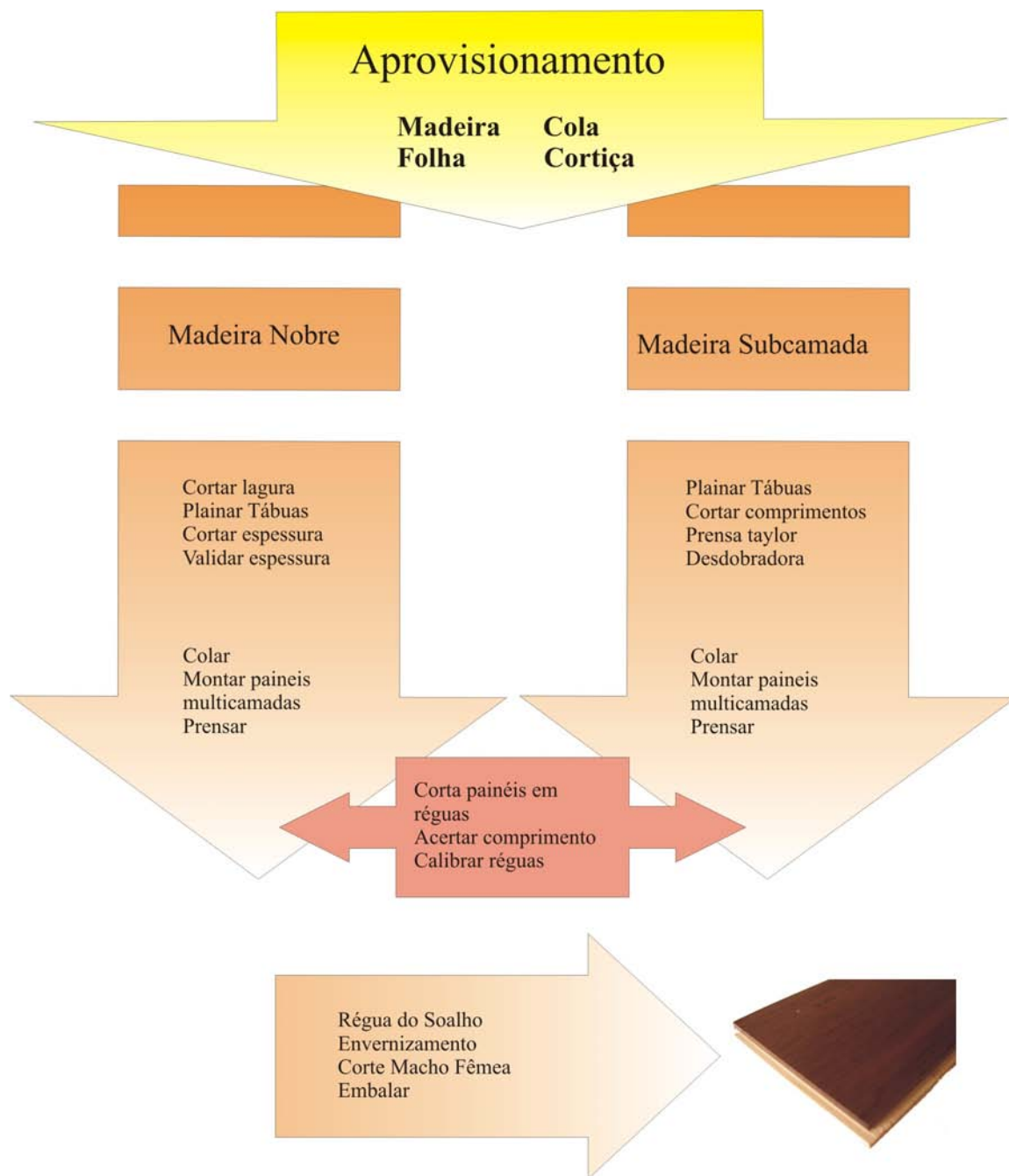


Fig. 3.4 – Processo de fabrico do soalho “Ingenious”.

### 3.5.2. O Processo de Fabrico (figura 3.4)

Neste processo são determinadas todas as etapas para obtenção do produto tais como:

- Indicação das operações do processo de fabricação;
- Descrição da forma resumida de cada uma das operações;
- Descrição dos materiais utilizados;
- Especificação dos equipamentos, máquinas e dispositivos necessários.

### 3.5.3. O Plano de Controlo do Processo

Este plano que estabelece a informação essencial para o controlo de qualidade do soalho, inclui as seguintes informações:

- Técnica de avaliação – definição do tipo de avaliação a ser considerada (visual, por dispositivos, instrumentos, etc.).
- Objectivo da inspecção – não conformidades dimensionais, de resistência, etc;
- Regularidade de inspecção – Por lotes, diária, semanal, aleatória, etc;
- Plano de inspecção – fichas de controlo.

## 3.6. AS ETAPAS DO PROCESSO

### 3.6.1. Recepção da Madeira

O Sector de aprovisionamento e gestão de stocks é o sector responsável pelo controlo administrativo dos materiais recebidos e o serviço de qualidade é o sector responsável pela análise e classificação de conformidade qualitativa do produto.

Os critérios para recepção da madeira variam conforme a espécie da madeira, uma vez que cada madeira possui características intrínsecas como por exemplo o teor de água. O processo de recepção é iniciado com a identificação do número do lote e data de entrada. São contadas as paletes e feita uma inspecção visual. Nesta fase é determinada se a madeira é aceite ou não aceite pela avaliação visual com os seguintes critérios:

- Aceites - madeira com defeitos usuais no topo e pequenos defeitos encontrados no meio da peça;
- Não aceites – Madeiras fora dos padrões de espessura, largura e comprimento, manchas brancas acima de 30 cm, nós muito grandes, furos de origem desconhecida, madeiras torcidas, ou com descaio, etc.

Após a verificação visual é feito, por amostragem, a medição do teor de água da madeira e comparado os valores com a tabela do teor de água médio de cada espécie recebida. Esta verificação é importante para saber se a humidade está dentro do padrão limite para o programa de secagem na estufa.

### 3.6.1.1. Exigências Normativas – Madeira de pinho – Tratamento do nemátodo da madeira

De acordo com a circular nº 23/2009 da Associação de Transitários de Portugal todo produto que tenha utilização de paletes de madeira deverá ser sujeito a fumigação/tratamento térmico marcado nos termos da legislação em vigor. Nesta circular é dada informação de “acções intensas de fiscalização das autoridades espanholas na fronteira de Vilar Formoso impedindo os camiões de continuar viagem desde que contenham paletes sem a adequada marcação”.

Segundo a portaria 1339-A/2008 de 20 de Novembro, são exigíveis medidas fitossanitárias de tratamento das embalagens de madeira (para acondicionar as mercadorias) e das madeiras resinosas. Os tratamentos sanitários exigíveis são o tratamento por calor (madeiras e paletes de madeira) e a fumigação com brometo de metilo (aplicável a embalagens realizadas com estilha, aparas, etc.).

Os requisitos do tratamento térmico da madeira (aplicável ao processo de qualidade do soalho) estão previstos na NP 4487:2009 – “Madeira serrada, paletes e outras embalagens de resinosas. Tratamento fitossanitário pelo calor para eliminação do nemátodo da madeira do pinheiro”. Esta norma obriga ao registo de madeiras (volumes e tipologias) e tratamento (data e hora início e data e hora fim). Os tratamentos têm de ser feitos por empresas autorizadas pela Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural.

No acto da compra de madeiras e para melhor gestão no controlo da recepção técnica, torna-se necessária a exigência do passaporte fitossanitário na recepção do produto com a indicação do tratamento sanitário. Este controlo de recepção é feito através de um documento de recepção onde o representante legal do fornecedor declara que a embalagem do material entregue possui tratamento térmico adequado, estando dessa forma a cumprir com os requisitos técnicos específicos de acordo com o nº1 do artigo 3º da portaria nº 1339-A/2008 de 20 de Novembro com a redacção dada pela portaria nº230-B/2009 de 27 de Fevereiro.

### 3.6.1.2. Verificação dos Paletes

A verificação das paletes e a conferência do estado dos separadores é um processo de preparação da madeira recebida para pré-secagem e secagem. Antes de entrar na estufa, deverá ser conferida a forma das paletes que deverá garantir que a madeira fique separada com os separadores, de modo a que este processo garanta uma adequada uniformização no processo de secagem na estufa.

### 3.6.2. Pré-secagem

Toda madeira recebida e aceite pela equipa de qualidade, inicialmente ficará distribuída no pátio ou no interior do armazém para uma pré-secagem. Nem todas as madeiras serão encaminhadas para a estufa, já que isto dependerá da análise ao teor de água e da espécie de madeira. Por ser um material higroscópico, a madeira também varia o seu volume em função da temperatura e humidade local e por este motivo, a distribuição da madeira para pré-secagem no pátio ou no armazém é feita conforme o teor de água apresentado pelas amostras dos lotes. Além disso, a disposição das paletes é feita de forma a otimizar o aprovisionamento e facilitar o transporte da madeira para a estufa.



Fig. 3.5 – Pré-secagem no pátio exterior.



Fig. 3.6 – Pré-secagem no armazém coberto.

### 3.6.3. Secagem na Estufa

As madeiras a serem utilizadas na fabricação do soalho são secas ao ar ou através de processo acelerado, utilizando estufas. Antes da entrada da madeira na estufa, é feita uma verificação das condições da temperatura e programa da estufa, o valor de humidade relativa. O controlo da

humidade da madeira é feito com um higrómetro na entrada e depois na saída da madeira, sendo a monitorização feita através de fichas de registos de secagem da madeira onde são apontados as variações da humidade relativa da madeira. Nas fichas de monitorização são registados os tempos de secagem conforme a espécie da madeira. Todo o registo de entrada e saída da madeira e toda a programação da estufa para recebimento das madeiras e distribuição das paletes dentro da estufa é feito pelo sector de qualidade da empresa.



Fig. 3.7 – Secagem na estufa.



Fig. 3.8 – Madeira na estufa.

#### 3.6.4. Multi-serra

A passagem da madeira pela máquina multi-serra é a primeira etapa do processo produtivo após a saída da madeira da estufa. O objecto desta etapa é a calibração da espessura e largura da madeira antes que essa passe para a etapa de desdobramento, que leva a que a madeira passe da largura bruta para uma largura pré-acabada. A largura da madeira pré-acabada deve ser de 12,5 cm. É feito um controlo visual da madeira para verificar possíveis encurvamentos e o controlo dimensional da madeira com o auxílio da fita métrica. Nesta fase também é monitorizada a humidade da madeira com o auxílio do gravímetro antes que esta passe pelo desdobramento.

#### 3.6.5. Desdobramento

O desdobramento é o corte horizontal das lamelas utilizadas nas camadas (topo ou camada de suporte). O controlo horizontal do corte é feito de forma a manter a uniformização no corte da espessura das lamelas. A velocidade com que a madeira passa pela serra varia de acordo com a espécie de madeira. Por isso é necessário o registo do lote a ser cortado com a informação da espécie e respectiva massa volúmica para a programação do desdobramento.

O controlo da espessura das lamelas é feito através de acompanhamento em fichas de manutenção e monitorização das máquinas num período determinado pela equipa de qualidade. Este registo é importante para a afinação mecânica das máquinas e controlo do produto final.



Fig. 3.9 – Máquina de desdobramento.

#### 3.6.6. Calibragem das Lamelas

No processo de calibragem das lamelas é feito basicamente o acompanhamento do estado de conservação das lixas e o controlo da espessura das lamelas. Esse processo também é feito com fichas de monitorização e controlo de qualidade, onde são registadas as dimensões das peças.



Fig. 3.10 – Verificação da espessura da camada nobre com um paquímetro.

#### 3.6.7. Preparação da Camada de Suporte

A camada de suporte de madeira de pinho passa pelo mesmo processo de produção e qualidade anteriormente descrito. As ripas de pinho são coladas e prensadas para se obtenção dos barrotos a serem desdobrados e farão parte da camada estrutural do soalho.

Quando a camada de suporte é fabricada a fim de se obter uma maior espessura do soalho, a camada de suporte em pinho é unida à folha principal e à corticite (opcional) e em seguida vai à prensa sob alto controlo do tempo, temperatura e humidade, a preparação da camada de suporte finaliza-se com a calibragem do painel.



Fig. 3.11 – Barrotos de Pinho para preparação da camada estrutural.

### 3.6.8. Fusão dos Painéis

As lamelas de madeira nobre são coladas no sentido transversal à camada de suporte (Pinho unicamente ou painel com pinho + folha + cortiça). A distância entre as lamelas deve ser de aproximadamente 2 mm para posterior corte do soalho em réguas. O painel final é prensado sob pressão de 180 bar. O tempo de prensagem pode variar de acordo com a espessura do painel pretendido.



Fig. 3.12 – Colagem das camadas.



Fig. 3.13 – Prensa do painel final.



Fig. 3.14 – Máquinas de prensagem dos painéis.

### 3.6.9. Finalização do Processo e Acabamento do Soalho

Os painéis, após prensagem, são cortados longitudinalmente em réguas de soalho acertadas no comprimento desejado. Findo este processo é necessária a calibração final das réguas e em seguida este seguirá para o sector de envernizamento e secagem UV, que inclui um controlo rigoroso das espessuras de revestimento. Nessa fase também são levantadas amostras do soalho para análises e controlo de qualidade em laboratório.

A última etapa do processo dá-se com o corte macho e fêmea. A definição do corte dos perfis com encaixe macho-fêmea é preparada de acordo com a espessura do soalho. O controlo da espessura é feito através de amostragem regular de conferência do encaixe. As medidas das espessuras de abertura da fêmea são regularmente verificadas, bem como a altura do macho e da fêmea em relação à face do soalho e aos topos.

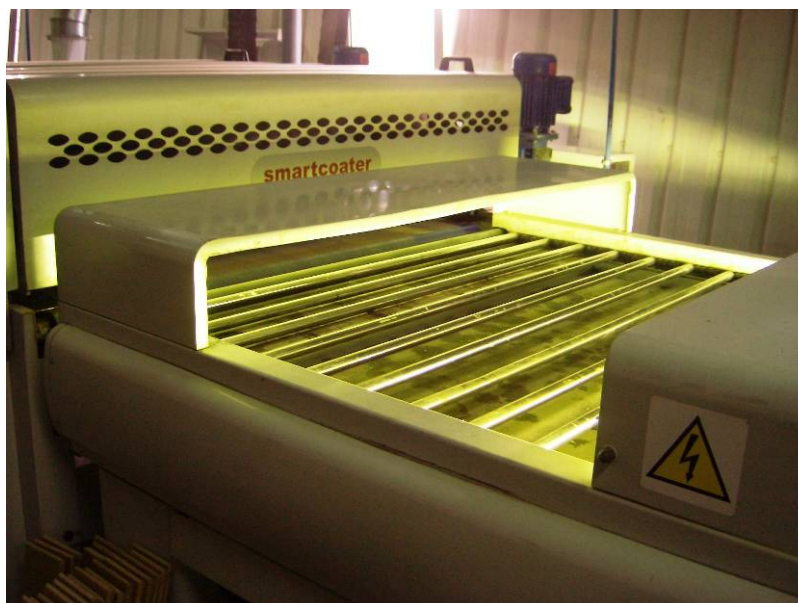


Fig. 3.15 – Máquinas de secagem UV.

#### 3.6.10. Selecção do Soalho

Antes da embalagem do soalho pronto para comercialização, é feita uma inspecção às peças de forma a seleccionar as régua defeituosas. Os defeitos encontrados são marcados com giz e seguem para a secção de análise e reaproveitamento com optimização das dimensões dos soalhos que não passaram pelos requisitos de qualidade. Nesta etapa de corte com objectivo de aproveitamento das régua, não existem medidas de comprimentos padrão. Porém, é importante nesta fase uma optimização de cortes das partes não conformes para que dessa forma haja melhor reaproveitamento dos mesmos.

Os defeitos são classificados e registados e as régua são reclassificadas e separadas por comprimento para reaproveitamento. Estas acções de controlo são de grande importância para o estudo de melhorias no processo produtivo.

#### 3.7. Execução dos Trabalhos em Obra

Os problemas técnicos mais comuns e indesejáveis de aplicação dos soalhos manifestam-se geralmente logo após a instalação ou alguns meses depois da entrega da obra, ou seja, logo que se inicie o tempo seco ou depois da utilização do sistema de aquecimento do ar interior no local onde foi aplicado o soalho.

Uma norma existente e que diz respeito à aplicação dos revestimentos em madeira é a UNE 56.810 [16]. Nesta norma são estabelecidas recomendações de grande importância associadas à aplicação do soalho das três formas de aplicação: o colado, o flutuante e os pregados a estrutura de ripado. A norma, porém, é imprecisa ou até certo ponto permissiva no tocante ao estado final do soalho, já que como por exemplo, não estabelece valores médios para larguras das juntas, o que constitui o principal motivo de reclamação pelos utilizadores dos revestimentos em madeira.

### 3.7.1 – Condições Gerais dos Trabalho em Obra

A metodologia seguida neste capítulo descreve as condições gerais para instalação de um soalho compósito multicamada, tendo como referência o soalho “*Ingenious*” e é baseado na norma UNE 56.810 [16], bem como no controlo de qualidade de aplicação do soalho fabricado pela empresa portuguesa J&J Teixeira SA [17].

### 3.7.2. Humidade do Pavimento e da Madeira

A norma UNE 56.810 [16] recomenda uma humidade de 2,5 % para a base (betonilha) onde será aplicado o soalho. Valores até 3 % de humidade, são admissíveis com a utilização de soalhos com teor de água entre 10 e 12 %.

O soalho “*Ingenious*”, por ser um soalho de grande utilização em habitações e consequentemente locais onde existirá sistema de aquecimento intenso com humidade relativa abaixo dos 40 %, a humidade ideal da madeira é entre 7 e 10 % antes de se iniciar a aplicação.

Sob determinadas circunstâncias torna-se difícil encontrar a humidade adequada da madeira para realizar a aplicação, principalmente em zonas do litoral onde as réguas do soalho absorvem a humidade do ambiente e aumentam o seu volume. Com o passar do tempo e o aquecimento do ambiente, as réguas contraem-se pois perdem humidade para o ambiente. Em casos extremos e de especial dificuldade como na instalação de madeiras menos densas, poderá ser necessário recorrer a um tratamento de estabilização em auto-clave, o que implicará um aumento no custo final do soalho.

### 3.7.3. Condições do Local

O controlo da humidade *in situ* é obtido com utilização dos higrómetros e as condições básicas para aplicação do soalho devem ser asseguradas com o isolamento do local contra ventos e chuvas, evitando dessa forma grandes variações de humidade. A norma indica ainda que a humidade relativa do ar máxima para o local onde será aplicado o soalho deve ser por volta dos 60 a 70 % e a temperatura na faixa dos 10 a 30° C.[18]

Caso no local não ocorram as condições de humidades referidas, poderá recorrer-se a meios especiais (aquecedores, humidificadores, etc.) ou em casos excepcionais poderá necessário recorrer a barreiras pára-vapor na base.

Uma vez terminada a aplicação, o local deverá ser bem ventilado e deve-se evitar a incidência directa do sol através de janelas, portas ou qualquer outra abertura que permita a acção de raios solares directamente no soalho.

### 3.7.4. Recepção e Armazenamento dos Soalhos em Obra

Não existe norma europeia para recepção do soalho em obra, porém existem normas internacionais (ISO), que são utilizadas em algumas ocasiões pelos importadores como documento de referência em caso de contencioso. Essas normas definem a dimensão da amostra a estudar em função do tamanho do lote e número e natureza dos defeitos admissíveis por cada espécie de madeira e tipo de instalação. É importante que o soalho chegue à obra alguns dias antes da aplicação e que as réguas sejam previamente cortadas. Desta forma haverá uma estabilidade da humidade do soalho com a humidade ambiente e com os demais elementos da construção, desde que, se garantam, evidentemente, todas as condições normais exigidas para inicialização dos trabalhos.

Os soalhos devem ser armazenados em obra ao abrigo de intempéries e o local deve ser ventilado, limpo e seco. Deverá existir um distanciamento entre as régua e as paredes e, se estiverem envoltos de plásticos, as régua deverão manter-se deste modo até à sua aplicação.



Fig. 3.16 – Recepção do soalho “*Ingenious*” em obra.



Fig. 3.17 – Corte das régua para aplicação.

### 3.7.5. Sistema de Aplicação por Colagem à Betonilha

Os cuidados para garantir uma boa aplicação da cola que permite a fixação à betonilha deve-se iniciar com a vedação do local onde será aplicado o soalho, ou seja portas e janelas devem ser completamente fechadas e livres de vento e humidade exterior. A betonilha deverá esta livre de qualquer sujidade (poeira, saliências, restos de gesso, pintura, etc.).

A aplicação da cola inicia-se vertendo uma certa quantidade de cola à betonilha de acordo com as recomendações do fabricante e em seguida, com uma espátula, dentada, a cola será estendida em

movimentos semicirculares. Durante a aplicação, com a espátula deve-se apertar o ligante contra a betonilha a fim de se conseguir um rendimento de cobertura de 1,2 a 1,5 m<sup>2</sup> por litro. O adesivo estará correctamente aplicado quando as ranhuras da espátula estiverem bem visíveis. Aplica-se então o soalho, prevendo o tempo limite da secagem do adesivo colante. Deve-se tomar cuidado para que as bordas do soalho não sejam sujas com a cola pois consequentemente isso fará a madeira aumentar seu volume. Depois de colado aconselha-se não pisar no soalho dentro do tempo previsto pelo fabricante da cola. Os tempos de cura e exposição ao ar dos adesivos variam em função do tipo de porosidade da betonilha, da humidade relativa do ar e da temperatura no recinto. Por exemplo, adesivos de poliuretano têm tempos de cura mais curtos em ambientes com alto grau humidade relativa. Já os adesivos de acetato de polivinilo têm uma cura mais prolongada.

Uma grande parte dos adesivos de soalhos são de dispersão aquosa e para que o adesivo endureça a água contida neste deverá evaporar-se e assim o adesivo polimerizar. A madeira em contacto com o adesivo adquirirá assim humidade variável ao longo da espessura e dessa forma a régua tende a afastar-se da betonilha. Quando a água seca totalmente a régua volta à posição normal podendo, no entanto, apresentar uma colagem precária.

As régua do soalho deverão ser distanciadas de 6 cm em toda a bordadura ao longo de todo perímetro da parede e utilizados espessadores em madeira e pregos para as régua não se movimentarem até à secagem total da cola. Este distanciamento da parede garantirá espaço para o deslocamentos natural do soalho e a utilização de pregos para fixar a madeira em todo o perímetro, ajuda a manter o soalho estável, pois é neste momento da aplicação nesse ponto que o soalho tende a levantar (figura 3.20).



Fig. 3.18 – Limpeza da prévia da betonilha.



Fig. 3.19 – Aplicação da cola.



Fig. 3.20 – Fixação com pregos ao longo do perímetro do Soalho.

### 3.7.6. Envernizamento em Obra

Na maioria das vivendas onde o soalho “*Ingenious*” é aplicado, o envernizamento é feito em obra por um processo mais rápido tendo em conta que este já sai de fábrica semi-acabado e sem imperfeições que impliquem a necessidade dum tratamento mais específico antes do envernizamento.

O envernizamento do “*Ingenious*” “*in situ*” tem execução rápida e prática, necessitando apenas de uma lixagem simples seguido da aplicação do verniz. Essa é uma maior valia do soalho industrializado, pois, poupa-se tempo na execução dos serviços.

No processo de lixagem normalmente perdem-se alguns milímetros (1 a 3) na espessura da camada superficial do soalho. Para os soalhos “*Ingenious*” essa perda é mais reduzida.

Geralmente o acabamento dos soalhos é concretizado em três passos:

- Lixagem e correcções de imperfeições na madeira;
- Aplicação de fundos niveladores;
- Envernizamento.

Não necessariamente todos os tipos de soalhos passam por todas as fases, uma vez que a primeira fase é executada em soalhos que apresentem incorrecções após o processo de lixagem, como por exemplo fissuras na madeira.

A aplicação do fundo nivelado tem como objectivo criar uma superfície uniforme e funciona como um tapa-poros, reduzindo e uniformizando a absorção do verniz. O fundo nivelador é também responsável pela melhoria da aderência das camadas de vernizes. Os produtos mais conhecidos são os monocomponentes em solventes ou soluções aquosas e os de poliuretano bicomponentes. A escolha do tipo a ser utilizado dependerá da espécie de madeira utilizada.

A aplicação do verniz no soalho deve cumprir as instruções de aplicação do fabricante. Antes da aplicação devem usar-se aspiradores em vez de escovas ou outros utensílios. Se o soalho for aplicado em locais públicos deve-se proteger o verniz com produtos chamados metalizantes, que são emulsões auto-brilho utilizados para proteger o soalho do desgaste prematuro da camada superficial.

### 3.7.7. Responsabilidades da Instalação

As responsabilidades do fabricante do soalho são as de entregar o produto correctamente dimensionado e sem nenhum tipo de desconformidade nas características físicas da madeira, para além de garantir a humidade do soalho dentro dos valores previstos para aplicação.

Ao aplicador cabe a responsabilidade, em primeiro lugar, de armazenar a madeira em local seguro, garantindo que as condições de humidade do ambiente são suficientes para manter valores estáveis para o teor de água do soalho.

O aplicador também é responsável pela garantia de boas condições de humidade (2,5 %) da betonilha onde o soalho será aplicado.

Ao usuário cabe o papel de manter a conservação adequada do sistema, principalmente no tocante a acabamentos.

### 3.7.8. Recuperação do Soalho

Os soalhos multicamadas não foram concebidos para reabilitação e na maioria dos países europeus este tipo de revestimento é considerado de reposição. O tipo de colagem das lamelas e a espessura mínima de 4mm não propicia a opção de reabilitação, sendo aconselhável a reposição de régua não conformes sem que sejam necessárias mais intervenções.

A reabilitação para estes soalhos só é viável se a camada nobre for superior a 4 mm, já que, dessa forma, é tecnicamente possível realizar uma intervenção de lixagem e novo envernizamento da camada nobre exterior.



## **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO**

### **4.1. MARCAÇÃO CE**

A marcação CE simboliza uma declaração do fabricante que atesta que o seu produto quando aplicado no perfeito respeito pelas normas e especificações técnicas aplicáveis contribui para que os locais onde o produto é aplicado são aptos ao uso e cumprem as exigências essenciais. Constitui assim uma certificação básica de aptidão ao uso. O CEN (Comité Europeu de Normalização) publica em permanência um conjunto de normas técnicas para materiais de construção civil (tijolos, telhas, etc.), incluindo elementos para revestimentos de madeira em geral. O CEN emitiu assim inúmeras normas técnicas europeias destinadas a revestimentos de madeira, porém somente em 2005 foi emitida a primeira versão da “European Community Technical Standard” (EN Standard), ou seja, a primeira norma harmonizada. A norma EN 14.342 (harmonizada), aceite por todos os membros da comunidade europeia tem como objectivo especificar os procedimentos a serem seguidos para permitir a marcação CE nos elementos de madeira, parquets e soalhos de madeira em geral. Após essa primeira publicação houve algumas correcções e alterações que resultaram das diversas necessidades e observações expressas pelos variados fabricantes de soalhos da comunidade europeia.

Em Fevereiro de 2009, o CEN emitiu uma nova versão da norma harmonizada intitulada EN 14342:2005+A1:2008 [20]. Esta norma contém um anexo (ZA) que descreve todos os parâmetros e limites de desempenho das exigências essenciais no processo de marcação CE de acordo com o grau de segurança em uso. O fabricante deve calcular e declarar as seguintes características:

- Reacção ao fogo;
- Emissão de formaldeído;
- Emissão de pentaclorofenol;
- Resistência à rotura;
- Escorregamento;
- Condutibilidade térmica;
- Durabilidade biológica.

A obrigatoriedade da marcação CE impõe assim que a empresa produtora garanta que o produto obedece a todos os critérios e requisitos especificados pelas directivas europeias CE associadas à marcação e pelas respectivas normas técnicas harmonizadas para os elementos de parquet. Toda a metodologia utilizada no desenvolvimento do produto deve ser declarada pelo fabricante que elabora o controlo de produção de fábrica e mantê-lo na fábrica por 10 anos, modificando-o sempre que forem alteradas as propriedades do produto final.

A norma harmonizada indica as seguintes informações fundamentais:

- Características de desempenho, e forma de determinação dos revestimentos a certificar;

- Orientação para o fabricante de como realizar os ensaios do tipo inicial e implementar o controlo interno da produção;
- Análise ao sistema de avaliação de conformidade;
- Informações acerca do que deverá constar no Certificado de Conformidade e Declaração de Conformidade;
- Informações acerca do que deverá constar no produto e documentação que acompanha o produto certificado com marcação CE.

O processo para marcação CE dos produtos para revestimentos de pavimentos aplica-se, de acordo com a norma EN 14342, a “*revestimentos de piso para uso interior (ambientes secos e húmidos), incluindo locais interiores destinados a transportes colectivos (gares e estações)*”[21].

Os produtos abrangidos pela norma EN 14342:2005+A:2008 [20] incluem os que se listam no quadro 4.1.

Quadro 4.1 Produtos incluídos na norma EN14342:2005+A:2008 [20].

<i>Norma</i>	<i>Produto</i>
EN 13226	Parquet de madeira maciça macheado.
EN 13227	Lamparquet de madeira maciça.
EN 13228	Revestimentos em madeira maciça, incluindo blocos, com ligação macho-fêmea.
EN 13488	Painéis de parquet mosaico.
EN 13489	Painéis de parquet multicamada.
EN 13629	Painéis de réguas de madeira maciça de folhosa.
EN 13990	Tábuas de soalho de madeira maciça resinosa.
EN 14354	Painéis de revestimentos folheados a madeira.
EN 14761	Parquet em madeira maciça constituído por lamelas verticais ou horizontais sem entalhes.

A norma harmonizada inclui os seguintes anexos:

ZA.1 – Objectivos necessários (reação ao fogo, emissão de formaldeído, etc);

ZA.2 – Procedimentos e conteúdos;

ZA.2.1 – Estabelece o sistema de avaliação de conformidade;

ZA.2.2 – Estabelece a informação a constar do certificado de conformidade e da declaração de conformidade;

ZA.3 – Estabelece a informação a constar da marcação CE (no produto, lote ou na documentação comercial que acompanha o produto).

## **4.2. SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE**

A norma harmonizada define três sistemas de avaliação de conformidade em função das propriedades dos soalhos e de como estas afectam os requisitos essenciais. O sistema de avaliação de conformidade define as responsabilidades do fabricante e dos organismos notificados para marcação CE.

Para os revestimentos em madeira a norma define os seguintes sistemas de avaliação de conformidade [22]:

- Sistema 1 – É o sistema mais exigente com intervenção de um organismo de certificação externa e requer ensaios do tipo inicial, inspecção inicial e controlo de produção, acompanhamento, ensaio regulares com amostras de acordo com o controlo de produção do fabricante; Os ensaios podem ser feitos na entidade de ensaios acreditados; O fabricante deve emitir uma declaração de conformidade e o organismo notificado, um certificado de conformidade;
- Sistema 3 – É determinado para os produtos que tenham uma determinada reacção ao fogo ou que estejam sujeitos a benefícios especiais relacionados com produtos químicos; neste caso, requer ensaios iniciais realizados por um laboratório acreditado, controlo interno de fabricação e emissão da declaração de conformidade;
- Sistema 4 – É o mais simples dos sistemas e que se adequa à grande maioria dos soalhos utilizados em interiores onde não hajam grandes exigências técnicas; requer ensaios do tipo inicial conduzidos pelo fabricante; em fábrica deve haver um controlo interno de fabricação e o fabricante deverá emitir uma declaração de conformidade para cada tipo de produto.

## **4.3. ENSAIOS DE TIPO INICIAL (ETI)**

Os ensaios de Tipo Iniciais (ETI) são ensaios iniciais que devem ser executados pelo fabricante e/ou Organismo de Certificação Notificado, de forma a determinar as características de desempenho declaradas quando da aposição da marcação CE no produto. Porém nem todas as características devem ser sujeitas a verificação e/ou avaliação e o método de ensaio utilizado no ETI não deve obrigatoriamente ser usado no controlo interno da produção.

Quadro 4.2 – ZA 1 (EN 14342). Ensaio de tipo inicial para revestimento de piso em madeira.

<i>Características de Desempenho</i>	<i>Disposições relativas a requisitos (cláusula da norma harmonizada)</i>	<i>Classes</i>	<i>Nota</i>
Reacção ao fogo	4.2 e 5.1	Classes A1n a Fn	De acordo com a EN 13501-1 ou com o quadro 1 da norma harmonizada
Emissão (liberação) de formaldeído	4.2 e 5.2	Classe E1 ou E2	De acordo com o anexo A da norma harmonizada
Emissão (teor) em pentaclorofenol (PCP)	4.2 e 5.3	PCP > 5 ppm	PCP > 5ppm obtido por método de ensaio válido no país onde o produto será aplicado ou descrito no documento CEN/TR 14823
Resistência à rotura*	4.2 e 5.4	-	Força máxima (em kN) Vão de ensaio (em mm)
Escorregamento	4.2 e 5.5	-	Valor determinado de acordo com a especificação técnica CEN/TS 156776
Condutibilidade térmica	4.2 e 5.6	-	Valor (em W/m.º K) determinado de acordo com a EN 12664 ou retirado do quadro 2 da norma harmonizada
Durabilidade (biológica)	4.2 e 5.6	-	Classe de acordo com a EN 335-1 e EN 335-2

\* Aplicável somente a revestimentos de pisos autoportantes

#### 4.3.1. Reacção ao fogo

A classificação de desempenho ao nível da reacção ao fogo sem necessidade de ensaio (CWFT – Classification Without Further Testing) poderá ser declarada de acordo com o quadro 1 da norma harmonizada.

Para o caso do soalho *Ingenious* a declaração de reacção ao fogo será realizada sem realização de ensaios, sendo assim declarada a classe de reacção ao fogo incluindo documentos de acompanhamento que indicam a massa volúmica média, espessura mínima da régua de pavimento e condições de montagem e fixação (sistema 1).

Na versão anterior da norma era especificado que em locais públicos (museus, teatros, restaurantes hotéis, etc), os elementos de madeira deveriam, obrigatoriamente, possuir classe de reacção ao fogo

$B_{fl-s1}$  e ser avaliados pelo sistema 1 no que se refere à classe de reacção ao fogo. Por ser o sistema 1 o mais exigente e de forma a não penalizar muito os fabricantes europeus, a nova norma deliberou que a classe  $C_{fl-s1}$ , pertencente ao sistema 3, era suficiente.

A título de esclarecimento, referencia que os sistemas para produtos de pisos (usos interiores incluindo locais interiores destinados a transporte colectivos) são os seguintes:

- Sistema 1 – Níveis ou classes  $A1_{fl}$ ,  $A2_{fl}$ ,  $B_{fl}$ ,  $C_{fl}$  - produtos/materiais para os quais uma etapa claramente identificada do processo de produção resulta numa melhoria da classificação de reacção ao fogo (ex. adição de agentes ignífugos ou na limitação de materiais orgânicos);
- Sistema 3 – Níveis ou classes  $A1_{fl}$ ,  $A2_{fl}$ ,  $B_{fl}$ ,  $C_{fl}$  - produtos/materiais não abrangidos pela nota e  $D_{fl}$  e  $E_{fl}$ ;
- Sistema 4 – Níveis ou classes  $A1_{fl}$  a  $E_{fl}$  - produtos/materiais que não tenham de ser testados quanto à reacção ao fogo; Produtos/materiais da classe A1 de acordo com a decisão da comissão 96/603/EC (OJ L 267, 1996-10-19, p.23).

O Quadro 4.3 apresenta as classificações de diversos tipos de revestimento de piso e madeira segundo a EN 14342.

Quadro 4.3 – Reacção ao fogo de revestimentos de piso em madeira.

<i>Material</i> <sup>(1),(7)</sup>	<i>Descrição do produto</i> <sup>(4)</sup>	<i>Densidade média mínima</i> <sup>(5)</sup> (Kg/m <sup>3</sup> )	<i>Espessura global mínima</i> (mm)	<i>Condições de utilização final</i>	<i>Classe</i> <sup>(3)</sup> <i>no que respeita aos pavimentos</i>
Pavimentos e parquets de madeira	Pavimento maciço de Carvalho ou Faia com revestimento de superfície	Faia: 680 Carvalho: 650	8	Colado ao substrato <sup>(6)</sup>	C <sub>FL</sub> -s1
	Pavimentos maciços de Carvalho, Faia ou Abeto com revestimento de superfície	Faia: 680 Carvalho: 659 Abeto: 450	20	Assente ou não sobre caixa-de-ar	
Parquet de madeira	Pavimento maciço com revestimento de superfície não especificado anteriormente	390	8	Não assente sobre caixa-de-ar	D <sub>FL</sub> -s1
			20	Assente ou não sobre caixa-de-ar	
	Parquet estratificado com uma camada superior de Carvalho de, no mínimo, 5 mm de espessura e com revestimento de superfície	650(camada superior)	10	Colado ao substrato <sup>(6)</sup>	C <sub>FL</sub> -s1
			14 <sup>(2)</sup>	Não assente sobre caixa-de-ar	
Parquet estratificado de superfície, não especificado anteriormente	500	8	Colado ao substrato <sup>(6)</sup>	D <sub>FL</sub> -s1	
		10	Não assente sobre caixa-de-ar		
		14 <sup>(2)</sup>	Assente ou não sobre caixa-de-ar		
Revestimento de piso folheado	Revestimento de piso folheado com tratamento de superfície		6 <sup>(2)</sup>	Não assente sobre caixa-de-ar	D <sub>FL</sub> -s1

Notas:

- (1) – Montado em conformidade com a Norma EN ISO 9239-1[23] sob substrato que seja, pelo menos, de classe D – s, d0 e possua uma densidade mínima de 400 kg/m<sup>3</sup> ou esteja assente sobre uma caixa-de-ar;
- (2) – Uma camada intermediária de classe E, no mínimo, com espessura máxima de 3 mm pode ser incluída em aplicações sem caixa-de-ar, para produtos de parquet com espessura igual ou superior a 15 mm e revestimento de pisos folheados;
- (3) – Classes de conformidade com o disposto no quadro 2 do anexo da Decisão 2000/147/CE [24].
- (4) – Os tipos e quantidade dos revestimentos de superfície incluídos são: acrílico, poliuretano ou sabão, 50-100 g/m<sup>2</sup>, bem como óleo, 20-60 g/m<sup>2</sup>;
- (5) – Adicionado em conformidade com a norma EN 13238 (50 % RH 23°C) [25];
- (6) – O substrato deve ser, pelo menos, da classe A2 s1, d0;
- (7) – Igualmente aplicável a degraus de escadas.

#### 4.3.2. Emissão de formaldeído

A concentração de formaldeído do ar interior tem sido motivo de grande preocupação nos últimos anos. De acordo com a European Collaborative Action “*Qualidade do ar interior e seu efeito sobre o homem*” (TCE IAQ-1997), a concentração mínima a partir da qual o formaldeído pode ter efeitos sobre as pessoas em ambiente fechado é de 0,01mg/m<sup>3</sup>. Alguns materiais de construção emitem compostos orgânicos voláteis que podem prejudicar a saúde e o bem-estar humano.

Os soalhos compósitos multicamadas são potenciais emissores de formaldeído pois as diferentes camadas de madeira são geralmente coladas com adesivos à base de formaldeído. Geralmente a camada superior é tratada com vernizes livres de formaldeído. O método padrão para determinação do teor de formaldeído em painéis com base em madeira consiste na utilização de câmara de ensaio em três diferentes tamanhos proposta pela norma EN 717-1 [26]. O nível de emissão de formaldeído de materiais derivados da madeira pode ser obtido em ensaios em câmaras com ambientes definidos ao nível de temperatura, humidade e ventilação, sendo a concentração de um material, quando entre duas faces planas e paralelas se estabelece uma diferença unitária de temperatura (1°Cou° K).

No âmbito do processo para marcação CE dos revestimentos de pavimentos em madeira, o fabricante deve declarar os valores formaldeído na câmara medida até à estabilização da concentração ser alcançada. Trata-se de um ensaio demorado e que requer equipamentos especiais. Métodos simplificados para obtenção desses valores podem ser feitos em laboratórios tendo por base outros métodos como o método do perfurador ou o método do balão. Para além do cuidado ao escolher o laboratório para o ensaio do soalho outros factores importantes, tais como, o condicionamento das amostras para o ensaio e a escolha de uma amostra representativa devem ser estudadas e discutidas. Alguns países possuem normas próprias para emissão do formaldeído. Na Suécia, por exemplo, o ensaio é realizado em uma câmara de 1 m<sup>3</sup> de acordo com a norma sueca SS 27 02 36.

Os produtos para revestimentos de pisos em madeira, (cláusula 5 do anexo A da norma harmonizada), podem ser automaticamente classificados na classe E1, quando no seu fabrico

sejam utilizados produtos sem emissão de formaldeído e que não sejam utilizadas colas ou produtos de acabamentos (verniz, cera) com emissão de formaldeído.

#### 4.3.3. Teor de Pentaclorofenol

No caso de produtos que não sejam alvo de tratamento químico, de aplicação de cola e /ou produtos de acabamento, podem assumir-se que não apresentam uma emissão de pentaclorofenol (PCP) superior a 5 ppm [21].

Caso o produto contenha PCP, este deverá ser testado de acordo com uma norma ou método de ensaio válido no país onde o produto irá ser aplicado ou então por recurso ao documento CEN/TR 14823. Será obrigatório declarar a classe de pentaclorofenol se o teor for superior a 5 ppm.

#### 4.3.4. Resistência a Rotura

O valor da resistência a rotura é somente determinado em caso de exigências do cliente ou em casos particulares quando o soalho em madeira maciça é aplicado sobre estrutura e determina o espaçamento do ripado da estrutura base. Trata-se assim de assegurar-se um valor adequado de resistência à flexão.

Esta característica de desempenho é aplicável somente a revestimentos de pisos autoportantes, não se aplicando a soalhos compósitos multicamadas colados à betonilha.

#### 4.3.5. Escorregamento

A determinação do valor de escorregamento é voluntária e será somente determinada no caso de ser exigida pela legislação vigente do país de destino. Até o presente momento não existe qualquer regulamentação portuguesa que obrigue a declarar características quanto ao escorregamento soalhos em madeira. Quando exigida deverá ser declarada de acordo com o teste do “pendulum” definido na pré-norma CEN/TS 15676.

A característica “desempenho não determinado” (NPD – “no performance determined”), poderá ser declarada, desde que as mesmas não sejam requeridas nos Estados Membros de destino do produto e não sejam exigidas face ao uso previsto para o mesmo [21].

#### 4.3.6. Condutibilidade Térmica ( $\lambda$ )

A condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) é uma propriedade que caracteriza os materiais ou produtos tecnicamente homogêneos e que representa a quantidade de calor que atravessa uma espessura unitária de condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) e da resistência térmica (R). Este valor deverá ser declarado de acordo com a norma EN 12664 [27] ou calculado utilizando os valores da tabela 2 da norma EN14342:2005 +A1:2008 [20] e considerando o indicado na norma EN ISO 10456:2007 [28], relacionada com massa volúmica de madeiras ver Quadro 4.4).

Quadro 4.4 - Condutibilidade térmica de madeiras e derivados.

<b>Madeiras e derivados</b>	<b>Densidade Média <math>\rho</math> (à 12 %)*</b>	<b>Condutibilidade Térmica**</b>
Madeira maciça e contraplacados	300	0,09
	500	0,13
	700	0,17
	1000	0,24
Aglomerados	300	0,10
	600	0,14
	900	0,18
MDF	400	0,10
	600	0,14
	800	0,18

\* Para densidades não referidas na tabela, deverá ser feito cálculo por interpolação.

\*\* Valores conforme norma EN ISO 10456:2007 [28].

Em alguns países existem normas que descrevem métodos de medição em laboratório para a medição com precisão da densidade da madeira, utilizando amostras de pequenas dimensões. Na prática pode-se calcular a densidade da madeira utilizada no soalho com grande aproximação realizando a medição das dimensões das peças com paquímetro com precisão de 0,1 mm e pesando com precisão de 1 g. A densidade é uma característica própria de cada espécie de madeira e apresenta variações distintas, dessa forma é importante apresentar valores médios com intervalos máximos e mínimos para cada espécie.

Quadro 4.5 Massa volúmica de Carvalho, Sucupira, Pinho, Maple, Jatobá.

<b>Madeiras</b>	<b>Densidade média (KG/m<sup>3</sup>)</b>
Carvalho	750
Sucupira	915
Pinho	430
Maple	705
Jatobá	955

O valor declarado da condutibilidade térmica para o soalho Ingenious representa um valor expectável com base nos resultados obtidos nas seguintes condições convencionais:

- Determinação com base nos resultados dos ensaios em condições normais de temperatura e teor de água das amostras de madeira;
- Sustentabilidade dos valores obtidos;
- Representativo de uma vida útil aceitável, em condições normais de utilização.

O Cálculo é desenvolvido através do somatório dos valores de resistência térmica de cada camada que compõe o soalho (Camada nobre+Pinho+cortiça). A resistência térmica  $R(m^2 K/W)$  de cada camada é determinada pela fórmula:

$$R = t/\lambda, \text{ onde } t \text{ é a espessura da camada do soalho e } \lambda \text{ é a condutibilidade térmica.}$$

Dessa forma, para o soalho multicamadas a fórmula ficará:

$$R = \sum e/\lambda, \text{ sendo o resultado expresso em } m^2 \text{ }^\circ K/W$$

Quadro 4.6 Resistência Térmica do soalho “*Ingenious*” de carvalho.

MADEIRA	DENSIDADE (Kg/m <sup>3</sup> )	ESPESS.(e) (m)	CONDUTIBILIDADE TERMICAS ( $\lambda$ ) W/mK	RESISTÊNCIA TÉRMICA ( R ) m <sup>2</sup> K/W
Carvalho	750	0,004	0,18	0,022
Pinho	430	0,007	0,10	0,067
Cortiça	240	0,003	0,05	0,052
R	Total	(m <sup>2</sup> °K/W)		0,141

#### 4.3.7. Durabilidade biológica

A classificação da durabilidade biológica é expressa sob a forma de classe de uso. As classes biológicas são especificadas de acordo com a norma NP EN 335-1 [29] e NP EN 335-2 [30]. Na norma EN 350-2 [31] são estabelecidas classificações das espécies segundo a respectiva durabilidade natural.

### 4.4. OUTRAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA

#### 4.4.1. Dureza

A dureza é uma característica de resistência que define a capacidade de um material resistir à penetração por outro. É uma propriedade fundamental para os soalhos de madeira pois o seu comportamento e tempo de vida útil dependerão, em bom rigor, da maior ou menor dureza que o soalho apresentar.

Os três métodos mais conhecidos para se avaliar a dureza são os métodos Brinell, Janka e Monnin, sendo o método Brinell o adoptado pela norma Europeia EN1534 e que é o mais habitual para classificar a dureza dos soalhos em fichas técnicas e catálogos dos fabricantes.

O princípio da medição é similar ao método de Janka, e foi desenvolvido pelo engenheiro sueco Johann August Brinell em 1900. O teste é efectuado com a aplicação de uma determinada carga (1 kN) por uma pequena esfera de aço com 10 mm de diâmetro contra uma superfície de madeira. O valor Brinell é determinado a partir da medição do tamanho do diâmetro da reentrância feita pela esfera na madeira, a reentrância deverá ser a mais pequena possível.

Quanto mais elevado for o valor Brinell, mais duro e resistente é o pavimento de madeira (ver figura 4.1).

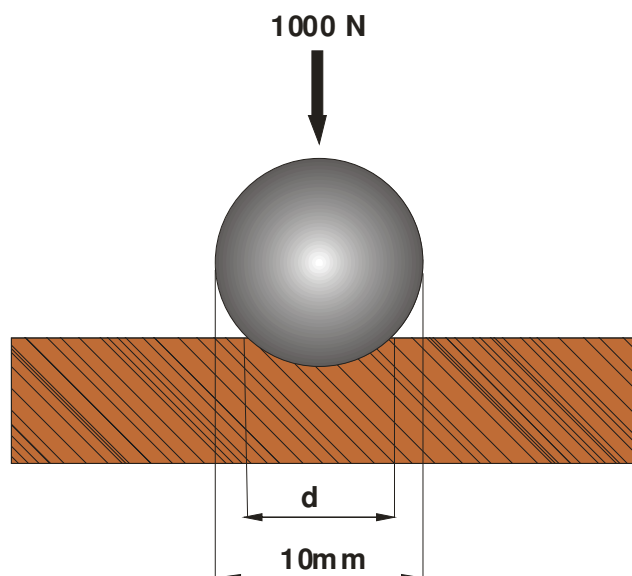


Figura 4.1 - Princípio de medição da dureza Brinell.

De forma simplificada e para uma carga de 1 KN, a dureza Brinell é expressa pela fórmula:

$HB = 200/10 \times 3,14 \times (10/100 - d^2)$ , onde  $d$  é o diâmetro da reentrância em mm.

As normas europeias, para os mais variados tipos de parquets estabelecem 10 HD (graus Brinell) como dureza mínima das madeiras adequadas para soalhos. Tendo em conta que madeiras menos densas como o Pinho e o Abeto possuem durezas Brinell entre 13 e 16 HB (passariam pela especificação da norma), observa-se um valor excessivamente permissivo. Dessa forma ajusta-se em geral o valor mínimo de dureza de 15 HB, para atender a todas as expectativas de qualidade do produto pelo consumidor.

Actualmente não existe qualquer dado oficial sobre a dureza Brinell para diferentes espécies de madeira, porém a maior parte das madeiras comercializadas já possuem estudos suficientes para análise do comportamento físico e mecânico (quadro 4.7). A medição da dureza para soalhos só se justificaria em caso de existir alguma dúvida sobre as propriedades de uma madeira comercialmente nova e de referências desconhecidas.

Quadro 4.7 - Valores médios de dureza Brinell.

<b>Espécies</b>	<b>Brinell</b>
Coníferas Europeias, Pinho, Castanho eurpeu, Pinho Oregon, Teka.	Entre 14 e 20 HB
Carvalho, Acer, Freixo, Faia	Entre 25 e 40 HB
Madeiras com densidade superior a 850Kg/m <sup>3</sup> : Sucupira, Jatobá, Ipê, Merbau.	Entre 40 e 60 HB

#### **4.5. CONTROLO DE PRODUÇÃO EM FÁBRICA (SISTEMA 4)**

O controlo das características do soalho, durante o processo de fabricação, deverá garantir a sua conformidade de forma a que as suas características sejam mantidas de acordo com os ensaios de tipo iniciais. Este processo requer prova documental de referência e de apoio a conformidade de produção de acordo com a norma europeia EN 14342:2004+A1:2008 [20]. O controlo deve ser fundamentado por procedimentos documentados, ensaios ou avaliações regulares para provar que o soalho está conforme as características declaradas. O fabricante tem a total liberdade de definir como tudo será realizado, bem como a forma de monitorizar a matéria-prima, os componentes e a equipa de trabalho. Também deve estabelecer critérios de procedimentos em caso de não conformidade dos valores, incluindo definição de critérios de controlo de não conformidades.

O controlo de produção em fábrica deve conter os procedimentos, planos de ensaios e métodos de controlo da documentação no que diz respeito a:

- Aceitação da matéria-prima utilizada;
- Armazenamento do material;
- Processos de produção;
- Verificação das características críticas ao longo do fluxo produtivo;
- Teste final;
- Marcação e registo do produto como produto para venda e expedição.

Deverão ser definidos, identificados e controlados os seguintes aspectos:

- A responsabilidade dos envolvidos no processo produtivo;
- Os métodos de controlo dos documentos;
- Os registos de inspecção e ensaio;
- A manutenção do sistema;
- Medição, controlo e calibração das máquinas;
- Tratamento das não-conformidades.

Os resultados das inspecções, ensaios ou avaliações que necessitem de acções de melhoria devem ser registados conforme os regulamentos e requisitos legais do país vigente por no mínimo dois anos. Em alguns países, como a Espanha, por exemplo, existem outras marcas como Selo de Qualidade AITIM que atestam requisitos de qualidade específicos.

#### **4.6. MARCAÇÃO E ETIQUETAGEM**

A marcação CE simboliza que o produto cumpre todas as disposições aplicáveis (requisitos essenciais, especificações técnicas e disposições específicas), previstos na directiva dos produtos de construção.

A marcação CE deve ser aposta no produto, podendo esta ser (por ordem de preferência), fixada no próprio produto, na embalagem ou na documentação comercial de acompanhamento. A marca deve ser visível, legível e indelével [21].

Os desempenhos declarados podem ser avaliados para um determinado uso, para condições finais de uso ou NPD (desempenho não determinado). O NPD poderá ser utilizado quando as características de desempenho não forem alvo de requisitos impostos por regulamentação do estado membro de destino do produto.


 J & J TEIXEIRA, SA Rua São Martinho, 397 4415-758 VNGAIA - PORTUGAL 09	
EN 14342:2005+A1 Wood flooring - Characteristics, evaluation of conformity and marking Pavimento em madeira multicamada com espessura 14mm (4 na espécie Nogueira) e com revestimento de superfície	
Reacção ao fogo	Dfl - s1
Em relação a uma massa volúmica mínima e a uma espessura mínima	460,00 kg/ m <sup>3</sup> 14 mm
Emissão de formaldeído	E1
Emissão de pentaclorofenol	( )
Resistência à rotura (força máxima) e vão de ensaio	( ) ( )
Escoregamento	NPD
Conductibilidade térmica	0,12 W/m.K
Durabilidade biológica (classe de risco)	Classe 1

Figura 4.2 - Exemplo de marcação CE de produto.

#### 4.7. DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE (VER QUADRO 4.8)

A declaração de conformidade do produto é um documento oficial, elaborado pela empresa durante o processo de marcação CE, que descreve de forma mais pormenorizada informações sobre o soalho. Inclui uma descrição técnica do soalho, com as classificações exigidas pela norma, e a lista de ensaios a que o soalho foi submetido e também informações relevantes quanto ao seu desempenho. Deve-se ter em conta as disposições descritas na cláusula ZA.2.2 da norma harmonizada.

Para o sistema de avaliação de conformidade do soalho em estudo (sistema 4), a declaração deverá conter as seguintes informações:

- Nome e morada do fabricante ou do seu representante no espaço económico europeu;
- Descrição do produto;
- Referência à Norma Harmonizada aplicável;
- Condições particulares de utilização (caso existam);
- Nome e posição na empresa do signatário da declaração em nome do fabricante ou do seu representante autorizado.

O Certificado explica o objectivo da marcação CE e embora a empresa produtora não seja obrigada a anexá-la à embalagem, esta deverá estar sempre disponível em caso de futuras inspecções e ficar à disposição do cliente.

Quadro 4.8 - Exemplo da declaração de conformidade.

<b>PRODUTOR</b>				
Fabricante:	J & J TEIXEIRA, SA Rua S. Martinho, 397 4415-758 OLIVAL VNG			
Fábrica:	J & J TEIXEIRA, SA Rua S. Martinho, 397 4415-758 OLIVAL VNG			
Responsável:	<i>(Nome)</i> <i>(Função)</i>			
<b>OBJECTO</b>				
Declara, no âmbito da Directiva 89/106/CE relativa aos produtos da construção e do DL 4/2007, que o produto abaixo descrito está em conformidade com as prescrições requeridas pela norma EN 14342: 2005+A1 abrangidas pelo sistema de avaliação 4 definido no anexo ZA2.				
<b>PRODUTO</b>				
Descrição <sup>(1)</sup> :	Pavimento em madeira multicamada com espessura 14 mm (4 na espécie Nogueira) e com revestimento de superfície			
Uso:	Revestimento de pavimento para uso interior em ambientes não expostos aos efeitos da humidade ou da água.			
Norma:	EN 13489 – Wood flooring – multi-layer parquet elements			
<u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DECLARADAS</u>			<u>NORMA REFERÊNCIA</u>	<u>ANEXO<sup>(2)</sup></u>
Reacção ao fogo	Dfl - s1	460,00 kg/m <sup>3</sup> 14 mm	EN 13501	CWFT de acordo com EN 14342: Tabela 1
Libertação de formaldeído		E1	EN 717-1	Doc Fornec
Emissão de pentaclorofenol		( )	CEN/TR 14823	Doc Fornec.
Resistência à rotura	Força Max.	( )		
	Vão ensaio	( )		
Escorregamento		NPD	CEN/TS 15676	(depende cliente)
Condutibilidade térmica		0.12 w/m. K	EN ISO 10456:2007	(depende cliente)
Durabilidade biológica		Classe 1	EN 350:2	(depende cliente)
<b>OBSERVAÇÕES:</b>				
<sup>(1)</sup> <i>Aplicação em obra</i> Quando a aplicação não for executada pelos profissionais do fabricante, deve ser respeitado o manual de aplicação de pavimentos				
<sup>(2)</sup> <i>Nome e morada de organismos envolvidos em ensaios de tipo inicial</i>				
Assinatura:				Dara:



## 5

# RUÍDO DE PERCUSSÃO – AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

### 5.1 – Ruídos nos Edifícios de Habitação

As exigências acústicas actuais em edifícios no que concerne às funcionalidades de pavimentos compelem a um estudo de grande importância e complexidade uma vez que os sistemas de pavimentos devem isolar, além dos ruídos aéreos (música, conversa, etc.), os ruídos de percussão (caminhar, objectos a cair, etc.).

Geralmente, o isolamento a ruídos de condução aérea pode ser tratado de duas formas: adicionando massa ou duplicando os parâmetros com intercalação de ar. A adição de massa ocasiona sobrecargas por vezes indesejáveis na estrutura, para além de consubstanciar uma opção de elevado custo; a solução de duplicar e introduzir sistemas elásticos é tecnicamente mais complexa e também tornar-se-à mais onerosa. Assim, solucionar o problema do ruído aéreo em pavimentos não significa solucionar também os problemas do ruído de percussão. Entretanto, é muito mais simples e menos oneroso solucionar os ruídos de percussão, pois, esses poderão ser facilmente corrigidos com a utilização de revestimentos especiais e até mesmo com aplicação dos actuais soalhos flutuantes.

O ruído de percussão é considerado como o ruído mais incómodo dentre os ruídos analisados em edifícios. A evolução da tecnologia dos materiais de construção contribui cada vez mais para o desenvolvimento de produtos que se traduzem numa mais-valia para a redução dos ruídos de percussão provenientes das mais variadas fontes de impacto existentes em edifícios de habitação. Algumas das soluções mais utilizadas pela indústria da construção civil são:

- Lajes/pavimentos flutuantes (solução dispendiosa);
- Separar o revestimento da estrutura adicionando materiais com módulo de rigidez mecânica menor que 50 MN/m<sup>3</sup>, com objectivo de amortecer o impacto na fonte (utilização de revestimentos flexíveis) e também de estabelecer uma barreira à transmissão do ruído de impacto ou um corte elástico entre o revestimento e a laje).

Neste contexto, este capítulo contempla um estudo a um soalho flutuante multicamadas fabricado em Portugal, a fim de analisar de forma comparativa os resultados obtidos com valores de outros revestimentos também utilizados em Portugal. Por se tratar de um soalho muito aplicado em edifícios de habitação, é de grande relevância o estudo do seu contributo quanto à redução de ruídos de percussão.

### 5.2. Evolução dos Sistemas de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

Os revestimentos antigos em madeira maciça aplicados sobre a estrutura ou pregados directamente ao pavimento eram pouco eficazes a nível de isolamento sonoro. Uma das primeiras tentativas para

reduzir os ruídos gerados pelo impacto ao caminhar sobre esses revestimentos de madeira antigos, iniciou-se com a introdução de um ligante a base de alcatrão colado a quente entre a estrutura de suporte em ripado de madeira e o pavimento. Essa solução teve um resultado relativamente favorável, uma vez que adicionava ao soalho uma base resiliente amortecedora de impactos.

A aplicação de revestimentos flexíveis reduziu consideravelmente a energia de impacto transmitida ao pavimento. Os revestimentos vinílicos, por exemplo, atenuam o ruído de percussão entre 5 e 20 dB (dependendo da quantidade de camadas adicionadas). O linóleo, por sua vez, reduz de 5 e 9 dB, a cortiça de 8 e 10 dB e a borracha sintética de 5 e 14 dB.

Durante muitos anos, foram investigados materiais e sistemas que amortecessem as vibrações produzidas pelas actividades humanas em edifícios. A partir da década de 1930 iniciou-se o estudo de combinação de soluções construtivas com materiais porosos e leves (lã mineral, fibras vegetais, etc.) que absorvem essencialmente ruídos em altas frequências. Para o caso do tratamento dos ruídos aéreos e dos ruídos de impactos (baixas frequências) foram desenvolvidos materiais resilientes. Inicialmente, os materiais resilientes foram utilizados como calços para as estruturas dos ripados base dos soalhos, pois esta solução atenuava o ruído e vibração de máquinas sobre o soalho; outras soluções utilizavam mantas que envolviam totalmente as estruturas de suporte dos soalhos.

Os sistemas actuais para o isolamento sonoro em pavimentos englobam uma vasta gama de materiais resilientes e acessórios atenuantes concebidos para os mais variados critérios acústicos. O efeito pretendido dependerá da escolha do melhor sistema que seja adequado às fontes sonoras causadoras do ruído. Os valores de isolamento pretendido deverão enquadrar-se no regime das normas legislativas que vigoram em cada país.

#### 5.2.1. Lajes flutuantes

As lajes *flutuantes* são sistemas de isolamento utilizadas para minimizar os ruídos de percussão (e também, secundariamente, aéreos) através do pavimento. Habitualmente, consistem numa betonilha armada, tendo como camada intermediária entre a betonilha e a laje, um suporte elástico (resiliente) para amortecer as vibrações/solicitações geradas pelo impacto decorrente da queda de objectos ou pela locomoção humana. Este sistema é utilizado quando é necessário aumentar a redução de condução aérea, pois, funciona com a introdução de um material poroso ou caixa-de-ar entre uma betonilha não estrutural e a laje.

Alguns outros exemplos de sistemas de lajes flutuantes comercializados, actualmente, consistem em:

- Sistema composto por estruturas de calhas em aço galvanizado sustentados por base quadradas compostas por fibra de vidro para fornecer uma base rígida;
- Peças de nivelamento do pavimento que consistem em caixas com pequenas dimensões com suportes laterais para melhor fixação ao betão que são introduzidas, pontualmente, à betonilha. O interior é constituído por um parafuso para o nivelamento à altura desejada da caixa-de-ar e com o topo em material resiliente para absorção de impactos;
- Caixa de suspensão de lajes para pavimentos em locais onde a vibração e o impacto requerem maior cuidado de isolamento; o sistema funciona de forma semelhante ao anterior, porém, é constituído por uma mola interior para absorção de impactos de natureza mais intensa.

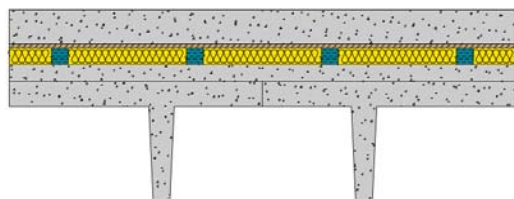


Fig. 5.1 – Laje flutuante [32].

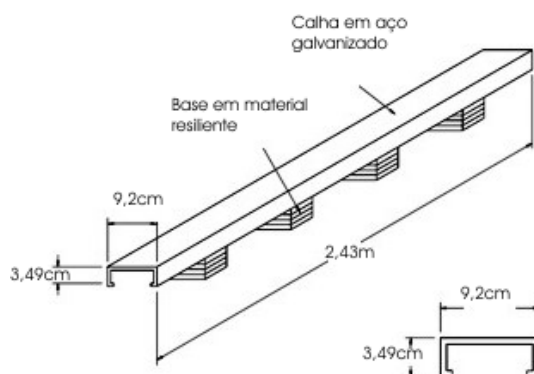


Fig. 5.2 – Calhas com base isolante [33].

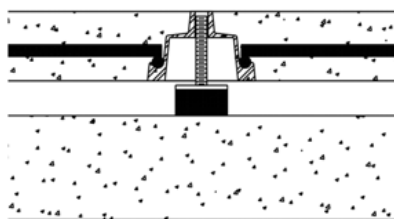


Fig. 5.3 – Peça de nivelamento [33].

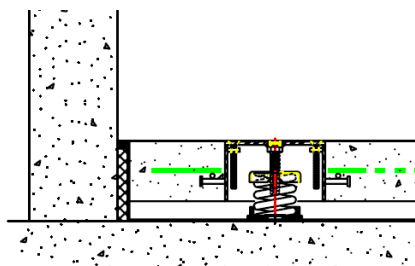


Fig. 5.4 - Caixa de suspensão de betonilha [33].

### 5.2.2. Soalhos Compósitos de Alto Desempenho

Os soalhos flutuantes (ou pavimentos flutuantes) em materiais compósitos de elevado desempenho são utilizados como alternativa a casos técnicos específicos, como por exemplo, quando a laje não suporte o peso de uma adição da betonilha, quando houver a impossibilidade do aumento da quota de nível ou em casos em que a betonilha é desnecessária. Esse sistema propicia uma diminuição do volume de betão e é, efectivamente, utilizado numa ampla gama de aplicações na construção civil.



Fig. 5.5 – Compósito de elevado desempenho [33].

### 5.2.3. Soalhos Flutuantes

Os soalhos flutuantes em madeira são utilizados em edifícios de habitação multifamiliar e comerciais. A facilidade de aplicação e o baixo custo torna-os um dos soalhos mais comercializados actualmente, porém, a sua aplicação sem cola transforma-os em revestimentos rígidos, o que gera ruídos de incomodidade. Para absorver os impactos nos soalhos flutuantes são utilizadas algumas mantas elásticas com base em polietileno para correcção do ruído de percussão com razoável eficácia.

Alguns soalhos compósitos multicamadas com encaixe macho e fêmea são pousados directamente sobre espuma de polietileno sem estarem directamente colados à betonilha.

O caso do presente estudo (soalho *Ingenious*) possui características semelhantes ao soalho flutuante por se tratar de um soalho multicamadas e possuir uma base resiliente (corticite) colados directamente à betonilha. Para o ensaio em laboratório este funcionará, igualmente, como um sistema de soalho flutuante (sem cola) e, a fixação à betonilha será ignorada, uma vez que esta não influenciará nos resultados das medições.



Fig. 5.6 - Soalho pousado sob manta resiliente [33].



Fig. 5.7 e 5.8 - Soalho composto “*Ingenious Sucupira*”.

Alguns aspectos a serem analisados dentre as principais características de um soalho composto com base resiliente incluem:

- Rigidez à compressão das camadas que compõem o soalho;
- Ordem pela qual as camadas se encontram dispostas;
- Amortecimento/absorção;
- Elasticidade.

### 5.3. Sonoridade

A Sonoridade (ou “*Walking Noise*”, ou “*Step Noise*”) é o ruído emitido para a sala emissora, pelo caminhar de uma pessoa num revestimento de pavimento, onde este ruído pode causar desconforto no próprio recinto (ruído aéreo). Ultimamente, com o aparecimento de uma grande variedade de soalhos aumentou a preocupação com o fabrico de revestimentos com desempenho de correcção acústica que atenuem esse ruído.

A Sonoridade ou “ruído de caminhar” (para distinguir-se do ruído de percussão), tem sido relativamente muito estudado e a sua caracterização e quantificação teve maior importância com o aparecimento dos revestimentos laminados e dos soalhos flutuantes. Porém, no presente estudo não será abordada a sua influência por se tratar de um estudo de caso de um soalho utilizado, principalmente, em edifícios onde o ruído de incomodidade passa de um andar para o outro. O estudo da sonoridade está mais direccionado para o tratamento de salas específicas: museus, estúdios, auditórios e demais recintos onde este tipo de ruído cause grande impacto a nível de incomodidade da acústica interior.

#### 5.4. Normas Aplicáveis à Medição do Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

A construção de edifícios com a características satisfatórias, exigidas pelo RRAE [34], é caracterizada pelo controlo das perdas de transmissões sonoras através dos elementos de construção, a absorção dos ruídos num compartimento e o tratamento da fonte emissora do ruído.

Actualmente, são inúmeros os materiais em madeira e materiais compósitos de madeira considerados “acústicos” devido à sua capacidade de absorção sonora para a redução da pressão sonora ou tempo de reverberação de um recinto. Por ser um material correntemente utilizado em revestimentos de paredes, tectos e pavimentos, os materiais compósitos de madeira tornaram-se um excelente aliado para as mais variadas necessidades, no que se refere a tratamento acústico de salas de música, habitações, escritórios e outras construções.

Os revestimentos de piso de madeira actuais, devido às suas características elásticas, podem contribuir substancialmente para a redução sonora aos ruídos de percussão. Assim, esta tipologia de soalhos pode reduzir o tempo da acção de impacto de excitação das moléculas, o que não sucederia se não existisse o revestimento.

A eficiência acústica de pavimentos a ruídos de percussão é determinada pelo índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão (de acordo com a norma NP EN ISO 717-2 [35]). Os valores são obtidos através da medição com a máquina de percussão e comparados com os valores de referência (deslocamento da curva de referência) nas bandas de frequências de medição com larguras de 1/3 de oitavas ou de uma oitava.

A determinação do índice de redução sonora, no domínio da frequência (aumento do isolamento sonoro a ruídos de percussão), para ruídos de percussão de revestimentos de piso em edifícios tem como base a norma NP EN ISO 140-8:2008 [4]. A norma determina a redução do ruído sob condições normais de ensaios sobre pavimento normalizado, onde o isolamento sonoro é medido com e sem revestimento de pavimento sendo este método utilizado para a concepção e comparação de revestimentos de pisos. O valor  $\Delta L$  conferido pelos revestimentos de piso, quando ensaiados numa laje de betão, é independente do isolamento a ruído de percussão de um pavimento (laje) não revestido  $L_{n,0}$ . No entanto, o índice de isolamento a ruído de percussão, com e sem revestimento de piso aplicado, dependerá, até certo ponto, do valor do  $L_{n,0}$ .

Relativamente à determinação em laboratório dos valores de  $\Delta L_w$  (variação dos níveis de pressão sonora normalizado derivado de espectro em 1/3 de oitava) – *eficácia* do revestimento, é necessário corrigir os valores medidos de  $\Delta L$  a um pavimento de referência definido pelos valores do nível de pressão sonora, normalizados, devido a uma excitação de impacto também normalizada,  $L_{n,r,0}$ . O estudo refere-se à atenuação acústica que esse revestimento confere à laje de betão homogénea e o método de ensaio referente a esta norma recorre à utilização da máquina de percussão normalizada.

#### 5.5. Tipologia das fontes Sonoras e Metodologias de Medição.

As fontes sonoras mais comuns em edifícios de habitação e que geram os ruídos de incomodidade são causadas, principalmente, por objectos a cair, crianças a saltar, pessoas a andar e pelo arrastar de móveis e cadeiras, entre outros. Para a reprodução dos ruídos que se aproximem desses ruídos típicos em edifícios de habitação, várias metodologias de medição (ISO, JIS, SIS, NF, etc.) propõem ensaios com utilização de máquinas de percussão, bolas de borracha, pneus ou sacos de areia a cair para tentar reproduzir, com a maior semelhança possível, o ruído de percussão.

Takahashi (1987) [36] encontrou similitudes no perfil espectral do ruído de percussão entre a máquina de percussão e o caminhar de uma mulher de salto altos e observou também semelhanças entre um pneu a cair e o andar descalço de um homem sobre um pavimento. Alguns autores afirmam que o perfil espectral de frequência em ensaios com máquina de percussão e com o ensaio com queda de pneu são muito diferentes, porém, os factores de radiação espectral são relativamente os mesmos.

A grande dúvida na avaliação do isolamento sonoro a ruídos de percussão reside na escolha da fonte sonora padrão a ser utilizada nos ensaios. Actualmente, a metodologia de ensaio mais conhecida recorre à utilização da máquina de percussão. Este sistema foi inicialmente desenvolvido na Alemanha em 1932, onde oficialmente se industrializou o método para medição do ruído de percussão em laboratório e “*in-situ*” (DIN 52211) [37]. Pela primeira vez, foi criado um guia para pavimentos flutuantes (DIN 4109) [38], pelo que, desde 1950, muitos países estabeleceram este método como padrão.

No Japão em 1973, foi estabelecido o método JIS A 1418-1 [39] e JIS A 1418-2 [40], para a medição do ruído de percussão em pavimentos, onde as normas japonesas utilizam a máquina de percussão e a máquina de alto impacto “pneu”, embora a bola de borracha tenha sido a segunda opção à máquina de percussão.

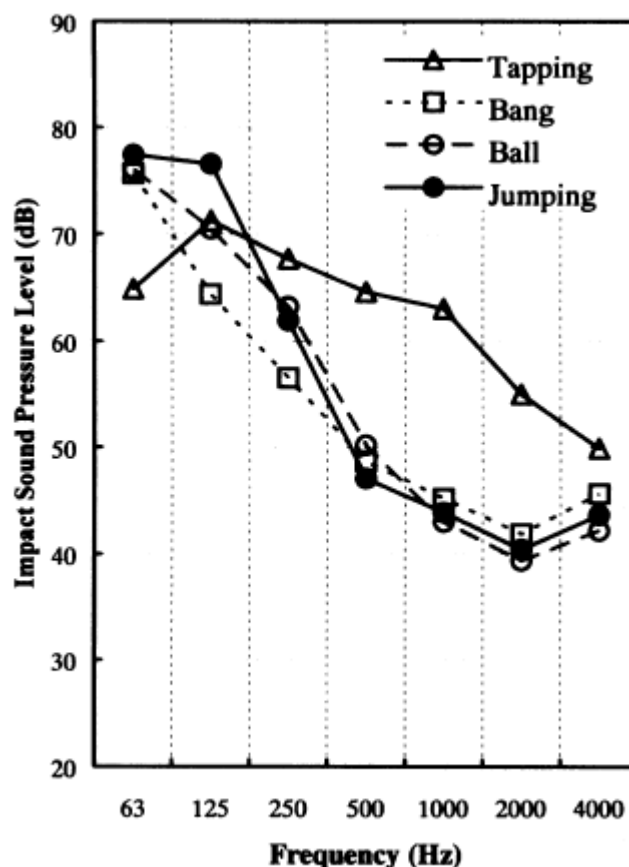


Fig.5.9 – Comparação dos valores com diferentes recursos de medição [41].

### 5.6. Ensaio ao Soalho “*Ingenious*”

O estudo ao soalho da “J&J. Teixeira SA” desenvolveu-se numa análise às possíveis características acústicas aferidas ao soalho multicamadas com uma componente resiliente adicional (corticite). As características da cortiça como base resiliente consistem em isolar ou reduzir a energia de impacto entre a superfície rígida da madeira e a do pavimento.

O ensaio foi realizado no Laboratório de Acústica da FEUP onde o soalho “*Ingenious*” foi pousado sobre a laje normalizada numa câmara acústica. Na aplicação em obra o soalho estudado é colado à betonilha, porém, em termos de ensaio acústico em laboratório, o efeito da cola não foi tido em consideração pois esta, em estudos anteriores, obteve valores muito semelhantes à sua aplicação colada.

### 5.6.1. Critérios de Escolha das Amostras

As amostras dos soalhos para os ensaios foram escolhidas de acordo com os seguintes critérios: Soalhos com as espécies de madeiras de maior expressão comercial produzidas pela “J&J. Teixeira SA.”;

Madeiras com peso específico (densidade) de valores diferenciados;

Amostras com e sem cortiça (cortiça colada em fábrica);

Cortiça com espessura variada.

Foram escolhidos soalhos compostos por três espécies de madeira de acordo com o quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Amostras ensaiadas.

Amostra	Espécie	Camada Nobre (mm)	1ª Camada (mm)	2ª Camada (mm)	Cortiça (mm)	Área do ensaio (m <sup>2</sup> )	Nota
E 1	Nogueira	4,0	6,5	0,5	3,0	1,57x3,0	RL
E 2	Nogueira	4,0	6,5	2,5	6,0	1,15x3,0	RL
E 3	Nogueira	4,0	6,5	2,5	2,0	1,57x2,98	RL
E 4	Carvalho	4,0	6,5	2,5	3,0	2,87x2,02	RL
E 5	Sucupira	4,0	7,0	5,0	4,0	2,75x2,0	RL
E 6	Carvalho	4,0	7,0	5,0	4,0	2,6x1,6	RC
E 7	Sucupira	4,0	6,5	2,5	s/cortiça	2,30x2,0	RL
E 8	Carvalho	4,0	6,5	3,0	s/cortiça	2,30x2,0	RL
E 9	Sucupira	4,0	5,0	2,0	2,0	2,82x1,47	RL

RL- Régua longa RC – Régua Curta

Geralmente, o isolamento sonoro a ruídos de percussão pode ser complementado com revestimento de pavimento do tipo resiliente, como por exemplo, carpetes e materiais plásticos em geral. Para o caso em estudo, foi analisado o efeito do soalho multicamadas com uma sub-camada em cortiça. A rigidez dinâmica de materiais resilientes, de acordo com a norma ISO 9052-1 [42] é determinada pela aplicação de vários métodos de excitação. São diversos os estudos sobre rigidez dinâmica e sabendo, por exemplo, que a espessura da cortiça aplicada sob soalhos não tem influência considerável na redução sonora.

No caso em apreço, a avaliação objectivou a análise da cortiça como suporte elástico do soalho, tendo em consideração as características de amortecimento de impactos que aquela confere, ou seja, o facto de este eliminar a rigidez entre a laje e a camada superficial do revestimento o que proporciona, para além do conforto táctil, também, uma percentagem de absorção acústica a ruído de percussão.

### 5.6.2. Metodologia do Ensaio

A medição em laboratório da redução a ruídos de percussão de revestimentos de pisos aplicados em pavimento rígido normalizado foi feita de acordo com a norma EN ISO140-8 [15]. De acordo com a norma para medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção [15] para o método de ensaio em laboratório recorreu-se à utilização da máquina de percussão sobre o conjunto (soalho + laje) numa câmara acústica e a microfones posicionados numa segunda câmara inferior para captar os ruídos emitidos pelo conjunto.

A área média de soalho aplicado para as nove amostras foi de 9 m<sup>2</sup>. Sobre cada amostra foi posicionada a máquina em diferentes pontos com excitações em média de 10 s para cada medição.

Equipamento para o ensaio:

Sonómetro B&K 2260

Calibrador B&K 4231

Microfone de 1/2 ", *Briuel & Kjaer*, 4189;

Máquina de percussão *Briuel & Kjaer* 3204;

Anemómetro/higro-termómetro digital Wm HTA 4200

Identificação das Câmaras de Ensaio:

Emissora – E1 (FEUP)

Receptora – R1 (FEUP)

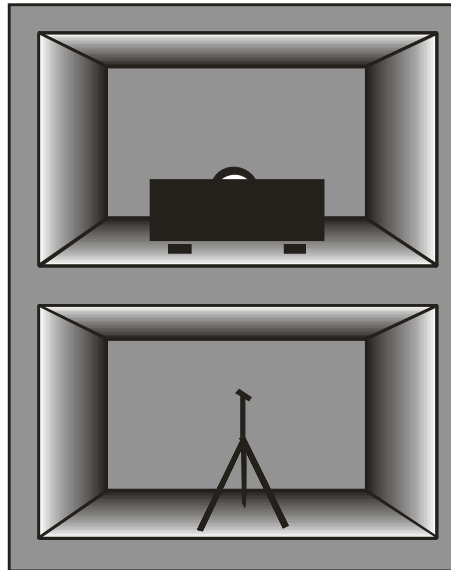


Fig.5.10 – Representação das câmaras de ensaio.

Área S do Provete: 10,0 m<sup>2</sup>

Temperatura do ar nas câmaras de ensaio: 17° C

Humidade relativa do ar nas câmaras de ensaio: 70%

Volume da câmara receptora: 218 m<sup>3</sup>



Fig. 5.11 - Aplicação do soalho “*Ingenious*” de Nogueira com 14 mm na câmara E1.



Fig. 5.12 – Máquina de percussão sobre amostra.



Fig. 5.13 – Máquina de percussão sobre amostra.



Fig. 5.14 – Ensaio sobre soalho de “Ingenious” Nogueira de 14 mm.

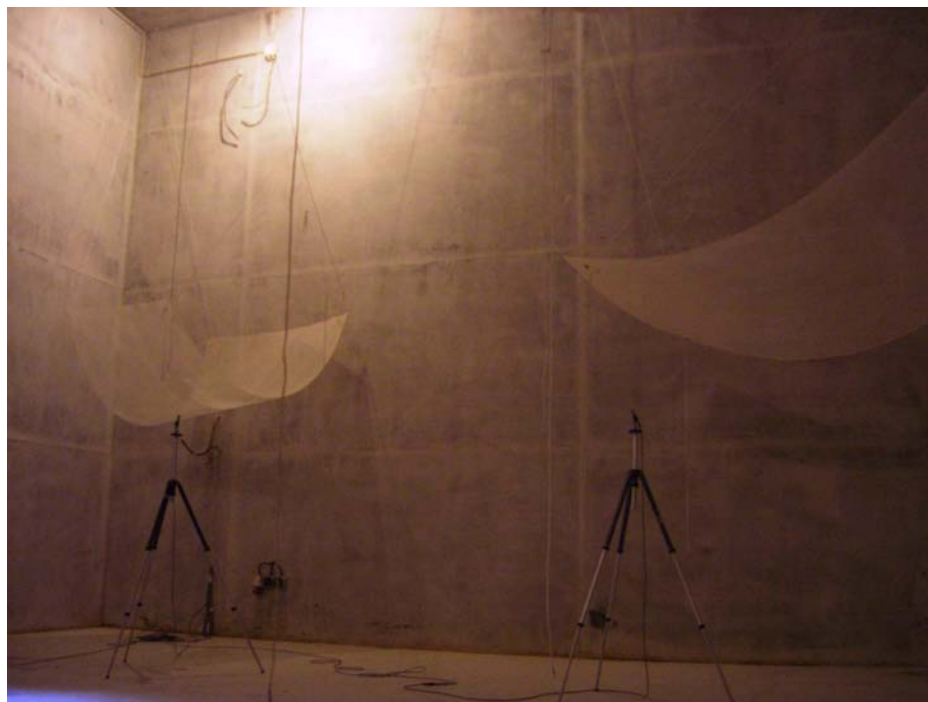


Fig. 5.15 – Microfones na câmara receptora R1.

### 5.6.3. Enumeração e Descrição dos Resultados do Ensaio.

As medições em laboratórios mostraram valores de redução acústica muito significativos no que concerne ao soalho multicamadas em madeira. O quadro 2 apresenta os resultados obtidos para a mesma espécie de madeira (Nogueira). Assim, para as amostras do soalho em Nogueira (todas com corticite), o melhor resultado para redução a ruído de percussão foi de 18 dB, sendo que este valor se aplicou ao soalho que apresentava a maior espessura de corticite.

No quadro supra referido, surgem também os resultados obtidos para a madeira de Carvalho. Através da análise destes valores é possível verificar que para a camada estrutural em Pinho com maior espessura, os resultados foram melhores em termos de isolamento sonoro, mesmo sem cortiça. No que respeita aos resultados para a madeira de Sucupira, estes apresentaram valores iguais com ou sem corticite.

Quadro 5.2 – Resultados obtidos.

TIPOLOGIA	$\Delta L_w$ (dB)
Nogueira 4+7+3 (14 mm)	17
Nogueira 4+9+6 (19 mm)	18
Nogueira 4+9+2 (15 mm)	17
Carvalho 4+14 (14 mm) S/ Cortiça	17
Carvalho 4+10+4 (18 mm)	16
Carvalho 4+9+3 (16 mm)	17
Sucupira 4+9 (13 mm) S/ Cortiça	18
Sucupira 4+12+4 (20 mm)	17
Sucupira 4+7+2 (13 mm)	18

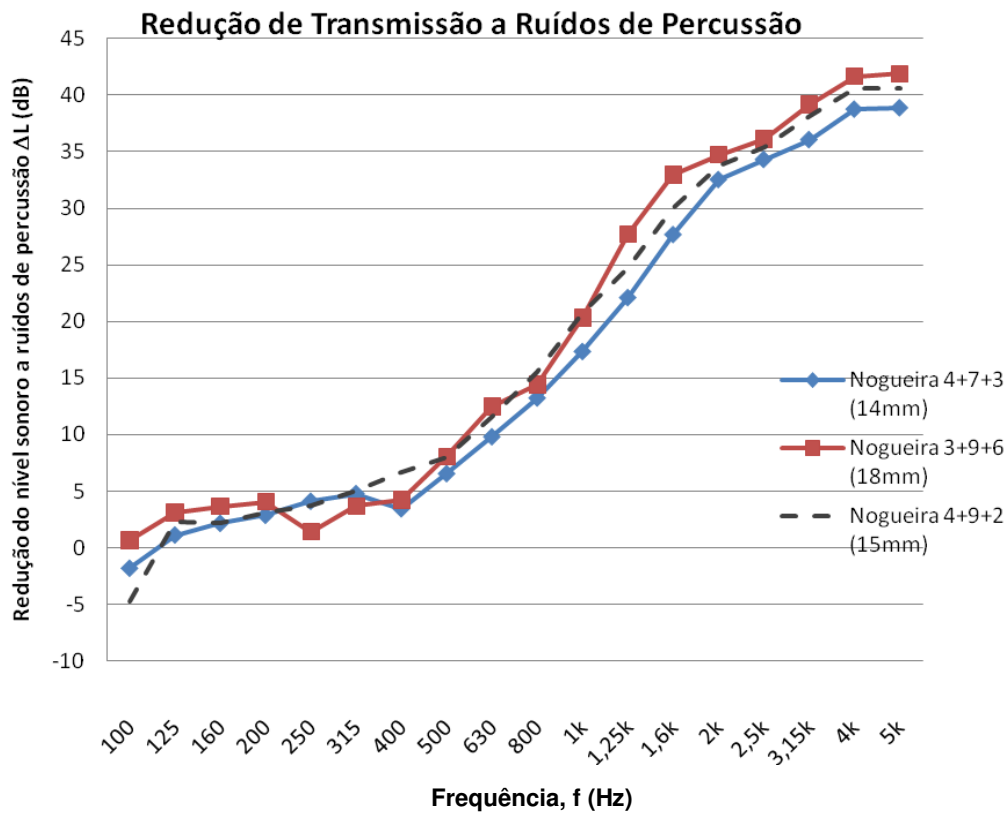


Fig. 5.16 – Gráfico de resultados da eficácia a ruído de percussão (Nogueira).

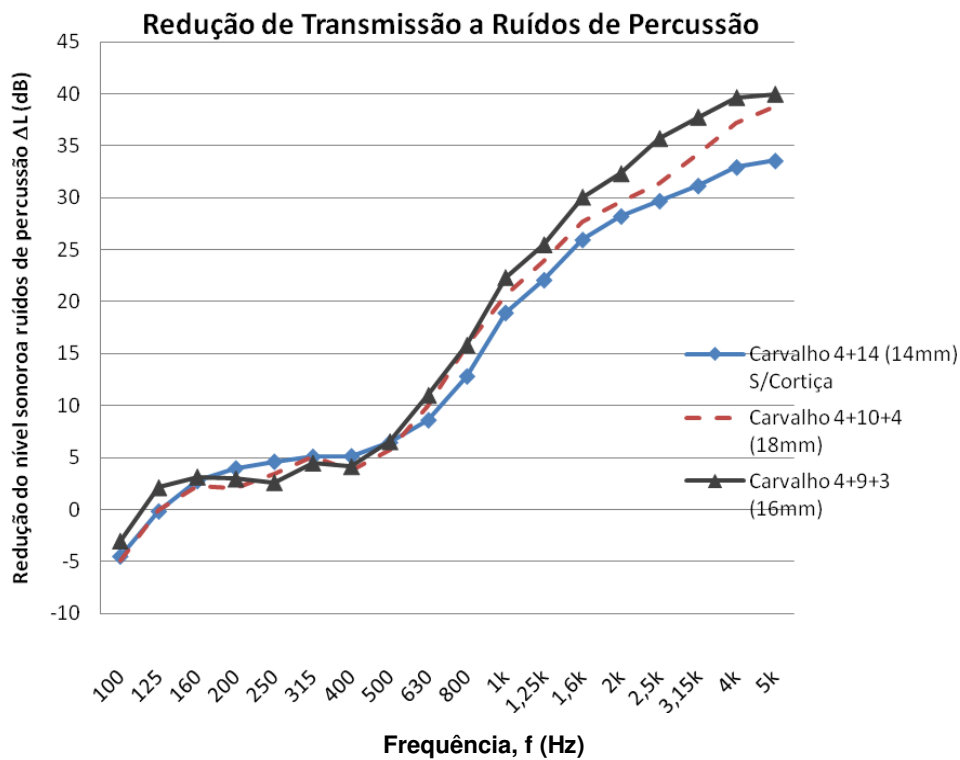


Fig. 5.17 – Gráfico de resultados da eficácia a ruídos de percussão (Carvalho).

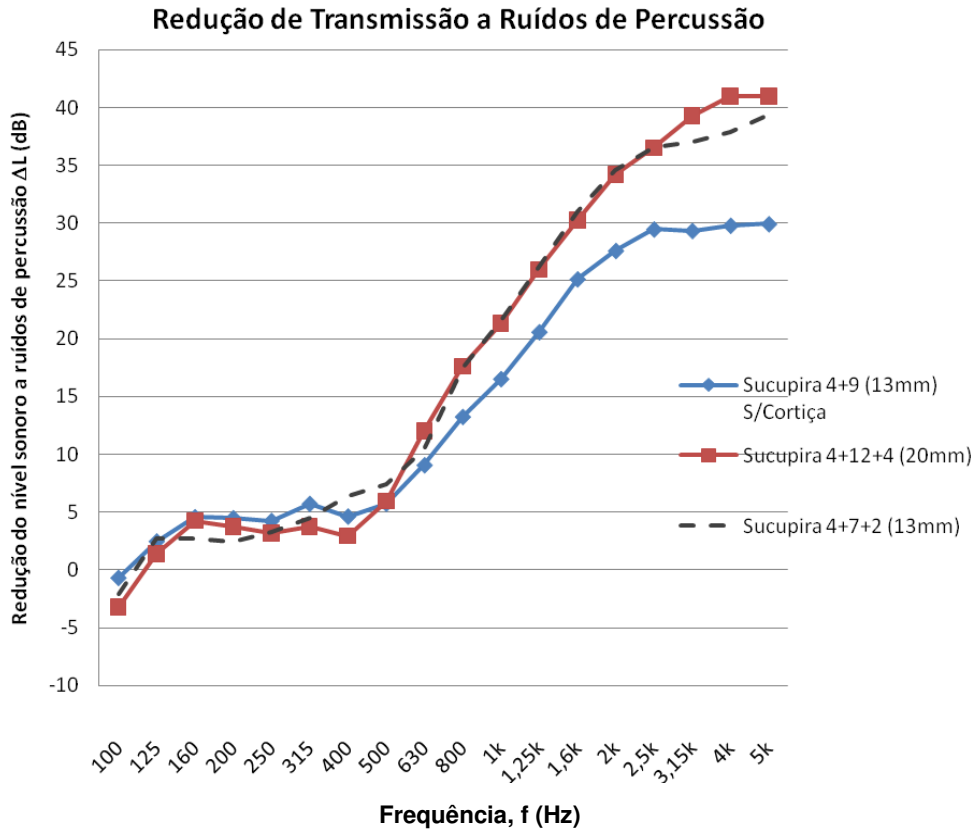


Fig. 5.18 – Gráfico de resultados da eficácia a ruídos de percussão (Sucupira).

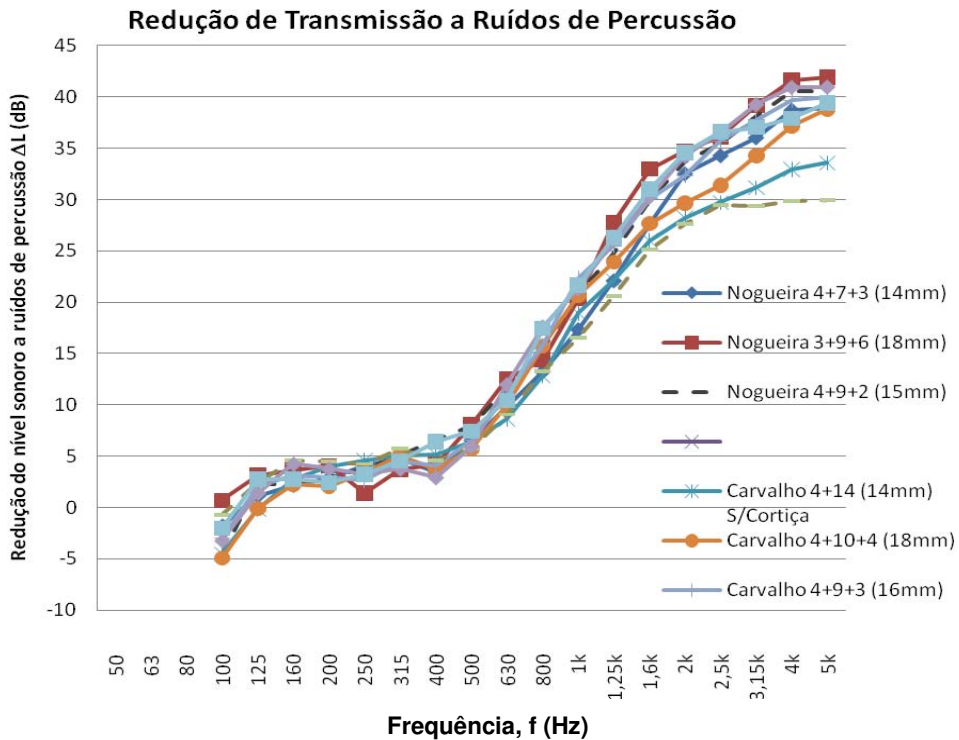


Fig. 5.19 – Gráfico de resultados da eficácia a ruídos de percussão (Todas as amostras).

### 5.7. Avaliação dos resultados dos ensaios.

Normalmente, um soalho compósito de madeira multicamadas possui um comportamento acústico diferente do soalho em madeira maciça devido à sua leveza e detalhes estruturais. A camada intermediária e inferior do soalho multicamada constitui o detalhe construtivo mais importante para o efeito do isolamento. O isolamento sonoro a ruídos de percussão dos soalhos compósitos é, geralmente, menos efectivo em baixas frequências, sendo que, em altas frequências ocorre o contrário, ou seja, o isolamento é significativamente melhor. Assim, o efeito da eficácia do soalho “*Ingenious*”, inicia-se, a partir dos 400 Hz e tende a desenvolver-se com o aumento da frequência. No que concerne aos soalhos maciços, o aumento do isolamento é observado somente a partir dos 600 Hz.

## Redução de Transmissão a Ruídos de Percussão

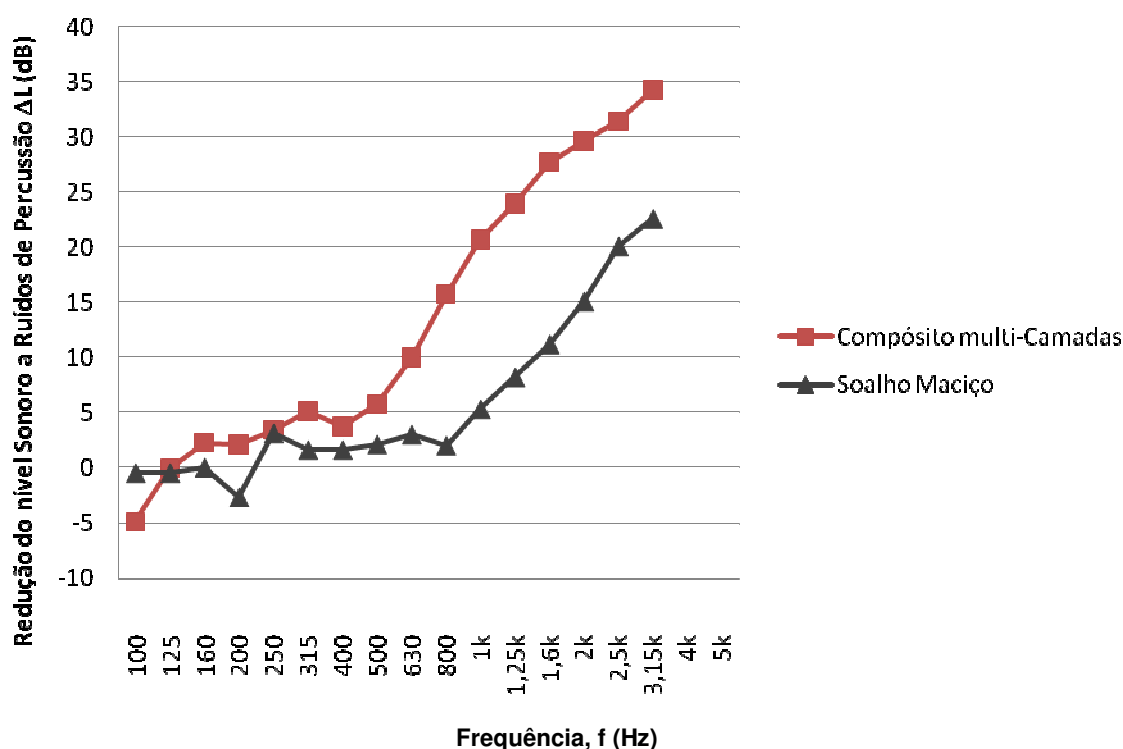


Fig. 5.20 – Gráfico comparativo entre a eficácia dos soalhos compósitos e tradicionais maciços.

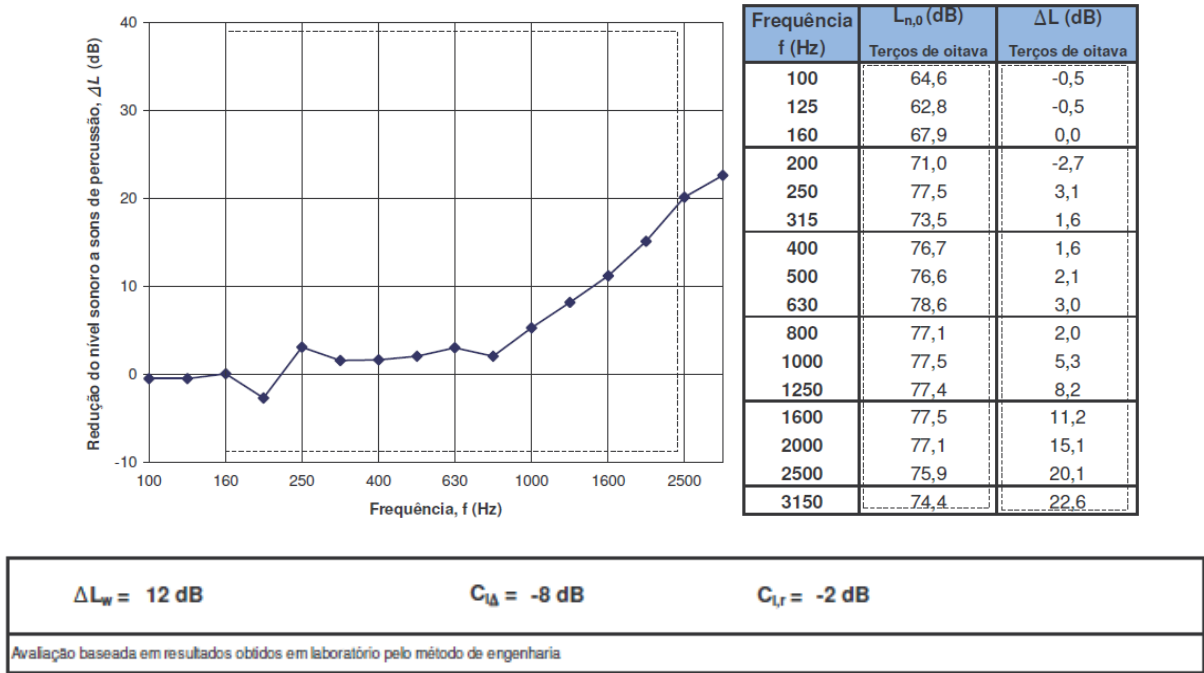


Fig. 5.21 – Tabela de resultados laboratoriais de isolamento sonoro a ruídos de percussão em soalhos maciços (Laboratório de Acústica da FEUP).

Os níveis de pressão sonora no sistema  $L_{n0}$ , laje nua (sem revestimento), apresentaram valores semelhantes ao sistema  $L_{n1}$  (laje + revestimento) até aos 400 Hz. A partir deste ponto o nível de pressão sonora, para  $L_{n1}$ , decresceu e  $L_{n0}$  manteve-se quase constante.

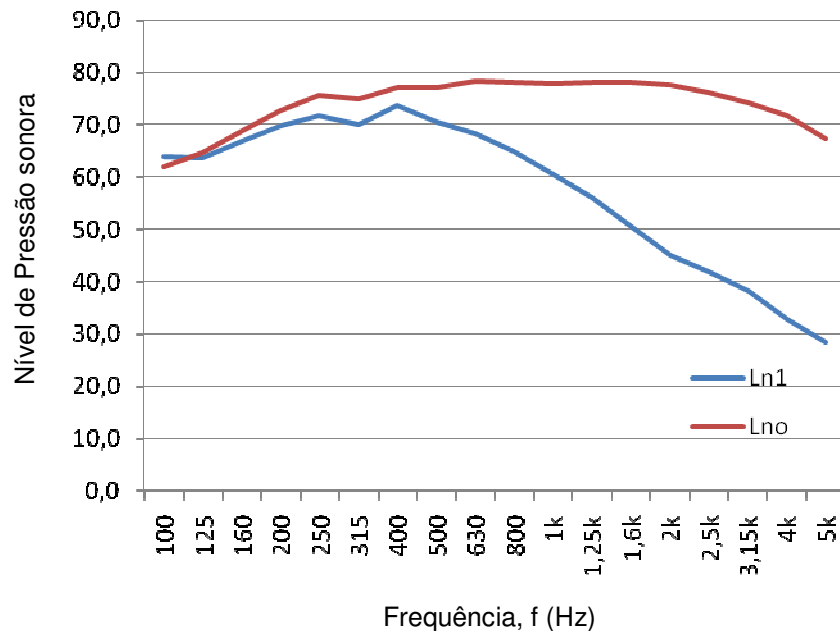


Fig. 5.22 – Níveis de pressão sonora, com e sem revestimento.

As tecnologias actuais geram acções de vibrações que colaboram para uma envolvente acústica cada vez mais ruidosa. Os desenvolvimentos de revestimentos que adicionem uma melhoria na redução acústica em edifícios de habitação são, basicamente, desenvolvidos com a preocupação de criar o corte elástico entre o revestimento e a estrutura de suporte. Essa característica, pode ser alcançada com a utilização de revestimentos com a face superior constituída por materiais resilientes ou com corte elástico na estrutura interna do pavimento, embora, a cortiça adicionada ao soalho tenha como objectivo a absorção de impacto, os resultados mostram que a sua influência ainda é pouco significativa (acréscimo de 1 dB na redução sonora).

As análises e medições feitas em laboratório mostram que o ruído provocado pelo caminhar das pessoas sobre um soalho de madeira produz baixas frequências (em torno de 20-200 Hz), porém, os níveis de pressão sonora mais relevantes estão, normalmente, nas frequências entre 40-100 Hz.

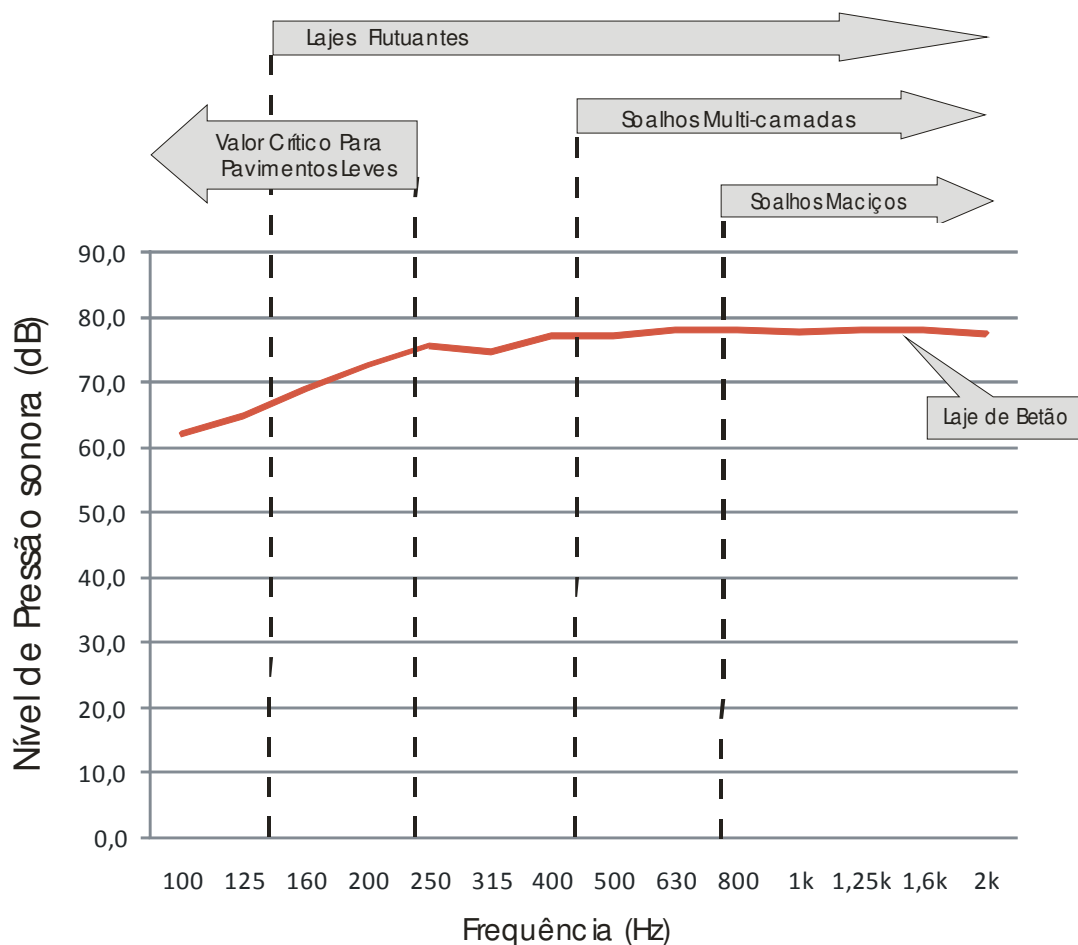


Fig. 5.23 - Eficiência de revestimentos sobre laje de betão, adaptado [43].

Para efeitos de estudo de incomodidade provocada pelos ruídos de percussão em edifícios de habitação, as diversas características das fontes de ruído torna o estudo mais complexo e a escolha da melhor metodologia de ensaio também muito diversificada.

O ensaio ao Soalho Compósito “*Ingenious*” apresentou resultados satisfatórios em relação ao soalho tradicional maciço. No momento actual, as tecnologias avançam para soalhos em madeira que apresentem, cada vez mais, altos índices de isolamento aos ruídos de percussão.

Da análise dos resultados do ensaio, concluiu-se que a espessura da cortiça não influencia nos resultados (ver quadro 5.2) ou seja, os valores de redução são indiferentes à espessura da cortiça

verificando-se que, por outro lado, a camada estrutural em madeira de pinho amortiza impactos. Neste sentido, a espessura dessa camada influencia os resultados, para algumas espécies de madeira.

No que diz respeito às diferentes espécies de madeira analisadas, também não foram encontrados valores muito diferenciados de redução acústica referentes ao isolamento a ruídos de percussão (ver figura 18).

As exigências regulamentares do RRAE impõem que, no interior dos quartos ou zonas de estar (local de recepção), o índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão provenientes de percussão normalizada sobre pavimentos de outros fogos ou locais de circulação comuns do edifício (emissão) seja de  $L'_{nT,w} \leq 60$  dB, e que no interior dos quartos ou zonas de estar (recepção), o índice do isolamento sonoro a sons de percussão provenientes de percussão normalizada sobre pavimentos de locais destinados ao comércio, serviços ou diversão (emissão) seja de  $L'_{nT,w} \leq 50$  dB. Nos ensaios efectuados, o índice de redução sonora a ruídos de percussão da laje de referência é de 78 dB, com a adição do soalho “*Ingenious*” o índice do sistema (laje + soalho) baixou para 60/61dB (com e sem cortiça), o que significa, um índice de melhoria de redução sonora a ruídos de percussão de 18 dB. Deve ser, ainda, lembrado que esses resultados foram obtidos em laboratório, pelo que, “*in situ*”, o sistema poderá apresentar valores diferentes.

Os resultados das amostras do soalho “*Ingenious*” indicaram, em laboratório, uma significativa redução sonora a ruídos de percussão (17 e 18 dB), pelo que, o valor obtido é um referencial adicional e significativo para soluções de projectos acústicos e comparativamente aos soalhos tradicionais maciços portugueses aquele representa um aumento de 6 dB no que concerne ao valor do isolamento sonoro (ver quadro 5.3).

Quadro 5.3 – Redução a ruídos de percussão de alguns tipos de soalhos comercializados em Portugal.

Soalho	Tipo	Espessura	Redução a Ruídos de Percussão $\Delta L_w$ (dB)
“ <i>Ingenious</i> ” J&J Teixeira	Soalho multicamadas com estrutura em Pinho	14 mm	17-18
“ <i>Rumba</i> ” Tarkett	Soalho multicamadas com estrutura em Pinho	13 mm	17
“Ibérico” Donatos	Soalho Multicamada com estrutura em contraplacado	14 mm	17-20
Maciço - LUSOMAPEI	Maciço	20 mm	12

Para além da escolha de revestimentos de pavimentos que possam acrescentar redução acústica satisfatória, é importante acrescentar a estes, um sistema que o complemente. Assim sendo, o soalho compósito pode, por exemplo, apresentar resultados muito significativos a nível de isolamento a ruídos de percussão quando acrescentado a um tecto falso no pavimento receptor (ver figura 5.24).

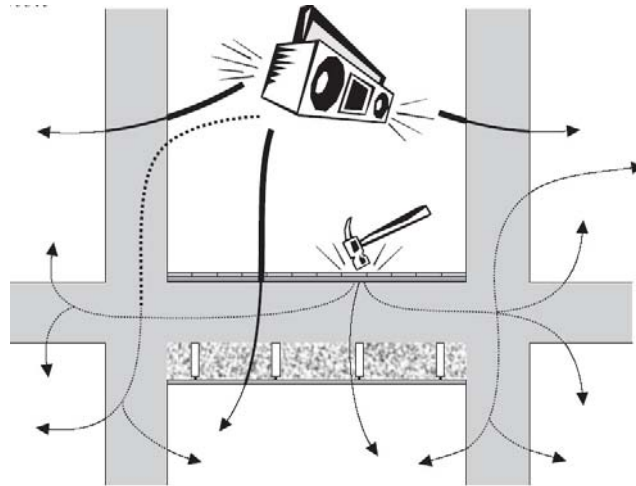


Fig. 5.24 – Utilização de tecto falso.

Não existe qualquer norma ou documento legislativo português que estabeleça valores de índices para determinado revestimento de pavimentos. Os valores dos índices de redução a ruídos de percussão dos Soalhos Compósitos Industrializados, comparados com outros tipos de revestimentos utilizados na construção de edifícios corrente em Portugal, apresentam valores muito significativos no que respeita ao isolamento sonoro a ruídos de percussão, em comparação com soalhos maciços tradicionais e que são ainda de grande aplicação em Portugal.



## PAVIMENTOS RADIANTES -RECOMENDAÇÕES

### 6.1. INTRODUÇÃO

O soalho em madeira do tipo parquet multicamadas, conforme já analisado no capítulo 2, tem sido um soalho de crescente utilização a nível mundial. Este mesmo fenómeno está a ocorrer com os sistemas de aquecimento e refrigeração através de chão radiante, uma vez que estes se tornaram uma opção muito frequente em projectos para solução de aquecimento em edifícios, habitações unifamiliares e em edifícios multifamiliares.

Este facto teve como consequência o surgimento de crescentes reclamações e dúvidas a respeito do comportamento e do desempenho dos soalhos em madeira sobre um sistema de chão radiante. Muitos desses problemas surgiram pela falta de conhecimento técnico e a condições inadequadas de aplicação do soalho, sendo esses factores uma consequência da inexistência de fichas técnicas com recomendações para aplicação que evidenciem em simultâneo detalhes sobre o pavimento radiante escolhido e cuidados de manutenção para este sistema.

Este capítulo aborda requisitos relacionados com a temperatura, humidade atmosférica e protecção contra humidade da madeira e acrescenta, ainda, instruções de instalação do soalho sobre o chão radiante e instruções para a utilização após a sua instalação, de modo a encontrar um maior aproveitamento do sistema por parte do utilizador, prolongando, assim, o tempo de vida útil do soalho.

### 6.2. A HIGROSCOPIA DA MADEIRA

A madeira é um material higroscópico com características de absorção e emissão de vapor de água a partir do ar ou de outros materiais. Assim, a humidade atmosférica ocasiona o aumento ou diminuição do volume da madeira e desta forma o teor de água da madeira tenta manter o equilíbrio com o clima ambiente.

Nos períodos de clima mais seco pode-se verificar a ocorrência de fendas mais abertas entre réguas do soalho ocasionando uma curvatura côncava e, em períodos mais húmidos, o clima provoca uma compressão entre as réguas pois o soalho sofre inchamento, o que ocasiona o levantamento convexo das réguas do soalho. Os altos níveis de humidade do ar interior podem ser causados também por elementos construtivos e até mesmo pela difusão de vapor de água proveniente de elementos estruturais do pavimento.

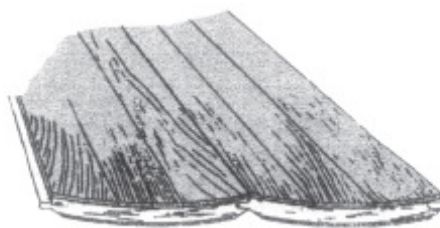


Fig. 6.1 – Soalho Côncavo (Emissão de Humidade) [49].

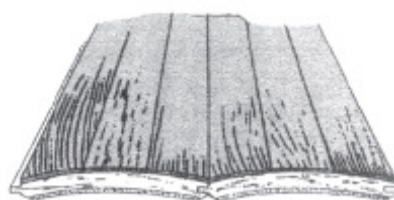


Fig. 6.2 – Soalho Convexo (Absorção de Humidade) [49].

O teor de água do soalho é directamente proporcional à humidade relativa do ar no interior de um recinto. Para manter um bom desempenho de um soalho composto é importante que a humidade relativa (RH) da sala esteja entre 30 e 60 % durante e após a aplicação do soalho. Abaixo dos 30 % de humidade relativa, o aparecimento de frechas entre as réguas ainda poderá ser aceitável, porém, se a humidade relativa exceder os 60 %, anomalias irreversíveis poderão aparecer e a deformação fará descolar o soalho da betonilha.

Numa sala onde seja utilizado o sistema de aquecimento por chão radiante, a humidade relativa do ar, na zona sobre a face do soalho, tende a baixar pois a temperatura do ar ao nível do soalho é mais alta do que em outros pontos da sala. Por exemplo, numa sala onde a humidade relativa do ar seja de 30 % e a temperatura de 20° C, se a temperatura aumentar para 27° C, a humidade relativa cairá para 20 %.

#### 6.2.1. Humidade de equilíbrio do Soalho

As principais características que devem ser consideradas na aplicação do soalho em madeira sobre pavimento radiante são a retracção e o intumescimento da madeira utilizada. Essas características são determinadas individualmente por cada espécie de madeira e o grau de aumento de inchamento ou retracção, depende da orientação das fibras e das espécies de madeira. Além disso, cada espécie possui diferentes índices de mudança de humidade.

A taxa de absorção de humidade refere-se ao transporte de humidade na direcção das fibras da madeira. No que concerne a materiais derivados da madeira, onde a orientação das fibras é muito variada a transferência da humidade ocorre nas faces expostas e paralelas à direcção das fibras.

O quadro 6.1 mostra valores das características físicas de algumas madeiras, quando utilizadas como soalho e o quadro 6.2 mostra o índice de humidade de equilíbrio quando submetido a várias taxas de humidade relativa de temperatura do ar interior.

Quadro 6.1 – Propriedades físicas de algumas madeiras para utilização em soalho [44].

Espécie de Madeira.	Densidade (ar seco) em g/m <sup>3</sup>	Diferença em % de contração a cada 1% de mudança do teor de humidade.		Estabilidade dimensional e forma.	Taxa de ajuste da humidade.
		Radial	Tangencial		
Maple	0,61...0,66	0,10...0,20	0,22...0,30	Média	Média a alta
Bétula	0,65...0,73	0,18...0,24	0,26...0,31	Média	Média
Faia	0,70...0,79	0,19...0,22	0,38...0,44	Baixa	Média a alta
Carvalho	0,65...0,76	0,18...0,22	0,28...0,35	Média	Baixa
Cerejeira	0,56...0,66	0,16...0,18	0,26...0,30	Boa	Média
Wengue	0,81...0,89	0,20...0,23	0,35...0,43	Média	Muito baixa

Quadro 6.2 – Índice da humidade de equilíbrio da madeira [45].

	<b>80</b>	<b>16,2</b>	<b>16,0</b>	<b>16,0</b>	<b>15,8</b>	<b>15,5</b>
	<b>75</b>	14,7	14,5	14,3	14,0	13,9
	<b>70</b>	13,2	13,1	13,0	12,8	12,4
	<b>65</b>	12,0	12,0	11,8	11,5	11,2
	<b>60</b>	11,0	10,9	10,8	10,5	10,3
	<b>55</b>	10,1	10,0	9,9	9,7	9,4
	<b>50</b>	9,4	9,2	9,0	8,9	8,6
	<b>45</b>	8,6	8,4	8,3	8,1	7,9
	<b>40</b>	7,8	7,7	7,5	7,3	7,0
	<b>35</b>	7,0	6,9	6,7	6,4	6,2
	<b>30</b>	6,2	6,1	5,9	5,6	5,3
	<b>25</b>	5,4	5,3	5,0	4,8	4,5
		<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
		Temperatura em °C				

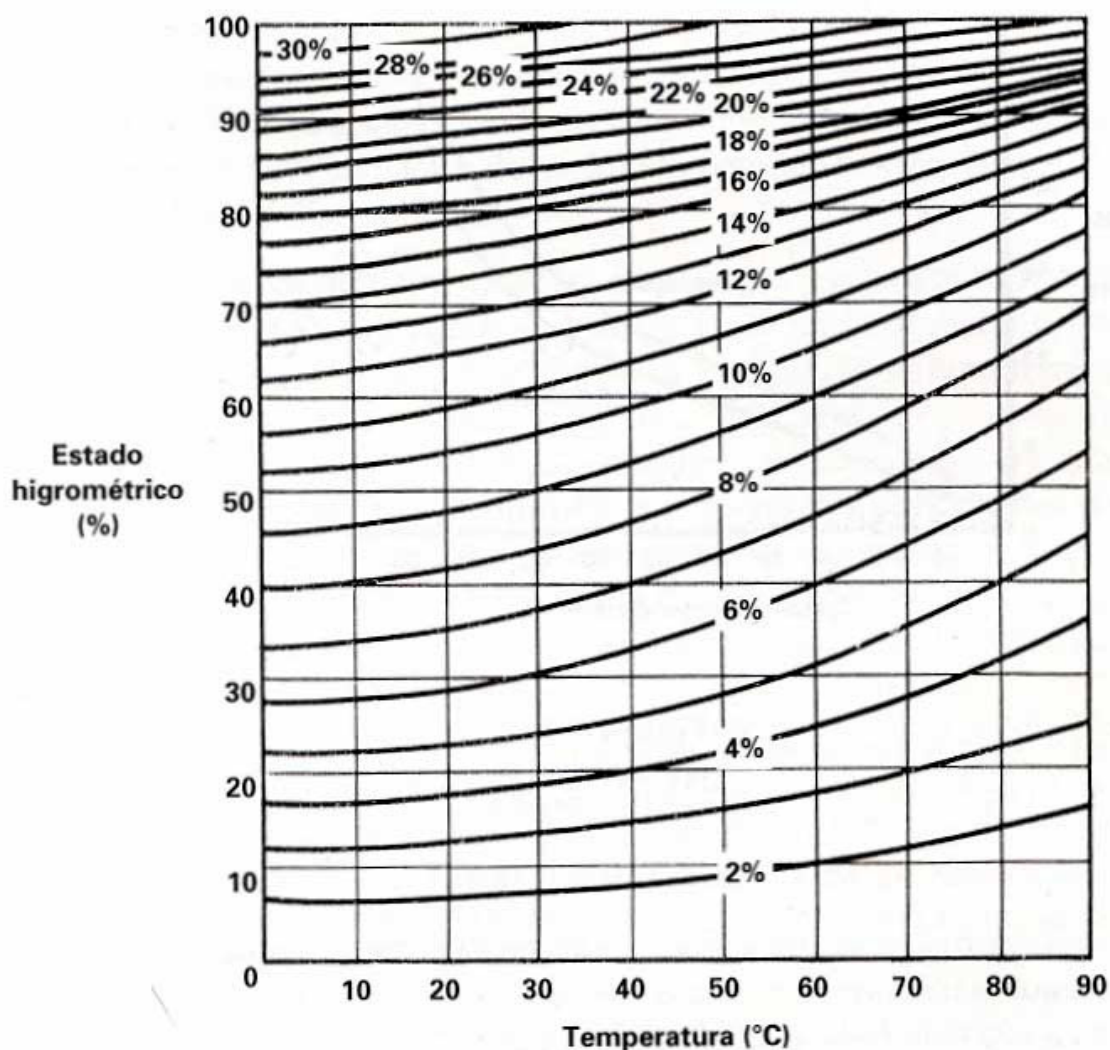


Fig. 6.3 – Humidade de equilíbrio da Madeira [46].

### 6.3. OS SISTEMAS DE AQUECIMENTO E REFRIGERAÇÃO POR CHÃO RADIANTE

#### 6.3.1. Os Sistemas de Aquecimento

Existem dois tipos de sistemas de aquecimento radiantes, o hídrico e o eléctrico. O sistema hídrico tradicional consiste na impulsão da água a uma temperatura média de 40 graus através de tubos que armazenam energia calorífica, enquanto que o sistema eléctrico funciona com difusores (placas de alumínio) onde tubos emissores distribuem energia através da placa. Actualmente, este sistema é cada vez menos utilizado devido às exigências das normas de certificação energética.

No sistema tradicional, a temperatura inicial da água é variável, pois, depende da solução estrutural do sistema de pavimento radiante escolhido e das necessidades de aquecimento do recinto. Entretanto, ao circular pelos tubos, a temperatura tende a decair e o arrefecimento da água é ocasionado por factores estruturais do pavimento ou por ventilação indesejada. A energia transmitida pelo caudal de água quente é irradiada ao pavimento que, por sua vez, é libertada permitindo aquecer enquanto que por radiação e convecção naturais o ambiente.

Para um bom funcionamento do sistema do tipo hídrico e conseqüentemente para a obtenção de um soalho em madeira em óptimo estado de conservação, é importante que se tenha um sistema equilibrado sendo a água distribuída da forma pretendida. Tanto a temperatura da água, quanto a pressão com que esta é distribuída, devem ser constantemente inspeccionadas, para que dessa forma a temperatura superficial do soalho não ultrapasse os 27° C.

O sistema eléctrico funciona através de uma corrente eléctrica que passa através de condutores constituídos por material de alta resistência que emite calor para a placa. Este sistema funciona com um termóstato que regula a temperatura do pavimento. Geralmente, utiliza-se este sistema com o soalho em madeira maciça com estrutura em barrotes (caixa-de-ar).

Em ambos os sistemas a estrutura da laje ou fundação deve estar bem isolada para que não ocorram perdas térmicas significativas pela parte inferior do pavimento.

### 6.3.2. Os Sistemas de Refrigeração

Actualmente, as novas tecnologias dos sistemas de aquecimento por chão radiante incluem também a possibilidade de refrigeração do soalho no verão. Neste caso, utiliza-se o mesmo sistema, porém, é injectada água refrigerada a baixas temperaturas, por volta dos 6° C.

Os estudos actuais para este tipo de sistema ainda não são conclusivos, uma vez que o soalho poderá apresentar problemas de condensação da água sob a superfície da madeira. Nestes casos, é necessária a utilização de medidores contínuos da humidade relativa do ar interior, para além de cuidados com a temperatura e utilização de aparelhos desumidificadores do ar ambiente.

### 6.3.3. Aplicação do Soalho Sobre Sistema de Aquecimento Radiante

Existem várias soluções técnicas construtivas para o sistema de aquecimento de pavimento radiante. Para os soalhos flutuantes laminados é recomendável que este seja aplicado sobre uma barreira anti-humidade e directamente sobre a argamassa envolvente do sistema radiante e na sua aplicação devem tomar-se todos os cuidados e recomendações do fabricante.

Os soalhos multicamadas adaptam-se muito bem sobre o sistema radiante de aquecimento e climatização hídrico pois a sua aplicação, colada sobre a laje e sem utilização de barreira anti-humidade, garante uma boa adaptação ao sistema quando este é aplicado com os devidos cuidados técnicos (teor de humidade, cola e outros abordados neste capítulo). A figura 6.4 mostra um corte construtivo de um sistema convencional utilizado em Portugal.

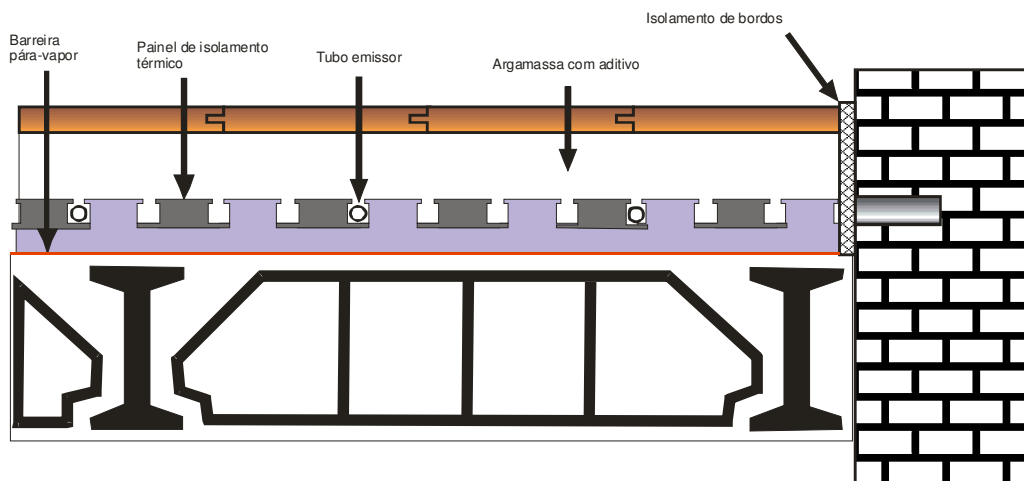


Fig. 6.4 – Sistema de chão radiante hídrico UPONOR [47].

#### 6.3.4. Simulação do Soalho “Ingenious” sobre pavimento radiante

A fim de obter uma melhor visualização do comportamento térmico do soalho “Ingenious” sobre um sistema de aquecimento por chão radiante, foi elaborada uma simulação com a ajuda de um programa informático (o software “Heat2”) utilizado pela empresa UPONOR. O dimensionamento foi calculado para utilização do sistema de aquecimento hídrico UPONOR descrito na figura 6.4, numa moradia unifamiliar.

As necessidades de calor utilizadas para o cálculo da simulação foram baseadas em valores aproximados. Para a execução de cálculos mais precisos seria necessário quantificar as perdas de calor em cada sala da moradia a aquecer. Na maioria dos casos um valor aproximado é suficiente para o cálculo da perda de calor global, verificando-se que a análise de variações individuais entre salas diferentes por vezes requer ajustes.

##### 6.3.4.1. Valores Considerados

Para o dimensionamento, foi considerado o sistema de aquecimento por chão radiante para uma moradia unifamiliar com os seguintes dados:

Revestimento: Soalho “Ingenious” de 14 mm de espessura com e sem cortiça

Colector: Wisbor;

Necessidade de calor total: 13.808 Kw;

Perda de pressão total: 61.888 kPa;

Fluxo total: 0.471 l/s;

Temperatura máxima da água: 43.6° C;

Temperatura média superficial do revestimento: 27.5° C;

Volume de água nos canos: 184.9 l.

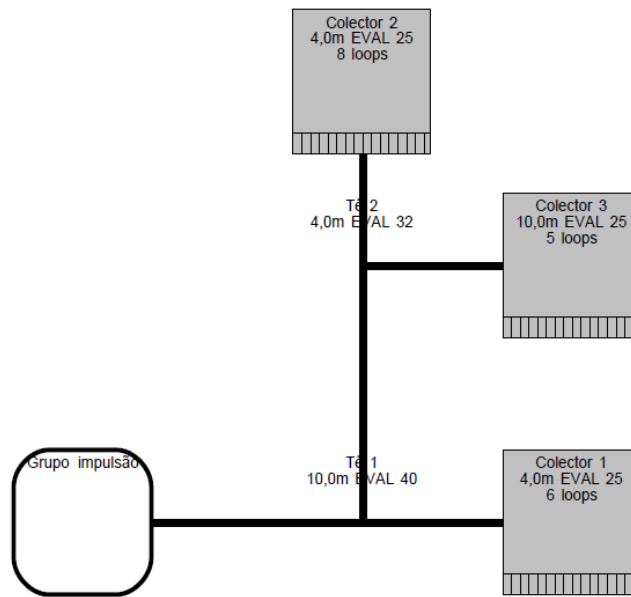


Fig.6.5 - Relatório descritivo do sistema UPONOR para o Soalho “Ingenious”.

6.3.4.2. Valores Obtidos

Para simular o comportamento térmico do soalho “ingenious” foram fornecidos os valores de condutibilidade térmica sem e com corticite (2 mm de espessura) e considerado a mesma temperatura de inserção inicial da água.

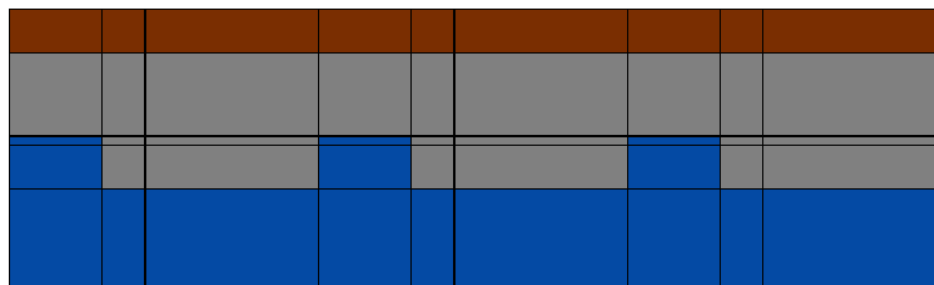
As figuras 6.6 e 6.7 apresentam os resultados da simulação realizada.

HEAT2 report: SIMULACION INGENIOUS

Input file: SIMULACION\_INGENIOUS.PSE (\*.H2P), last saved on 28/10/2009 17:04:38

Project info:

Geometry:



Materials:

	Lx [W/ (m·K) ]	Ly [W/ (m·K) ]	C [MJ/ (m³ ·K) ]
polystyrene expanded, IEA	0.033	0.033	0.039
Betão	2	2	1
Ingenious	0.12	0.12	1.1

Fig.6.6 – Geometria, simulação soalho Ingenious sem cortiça.

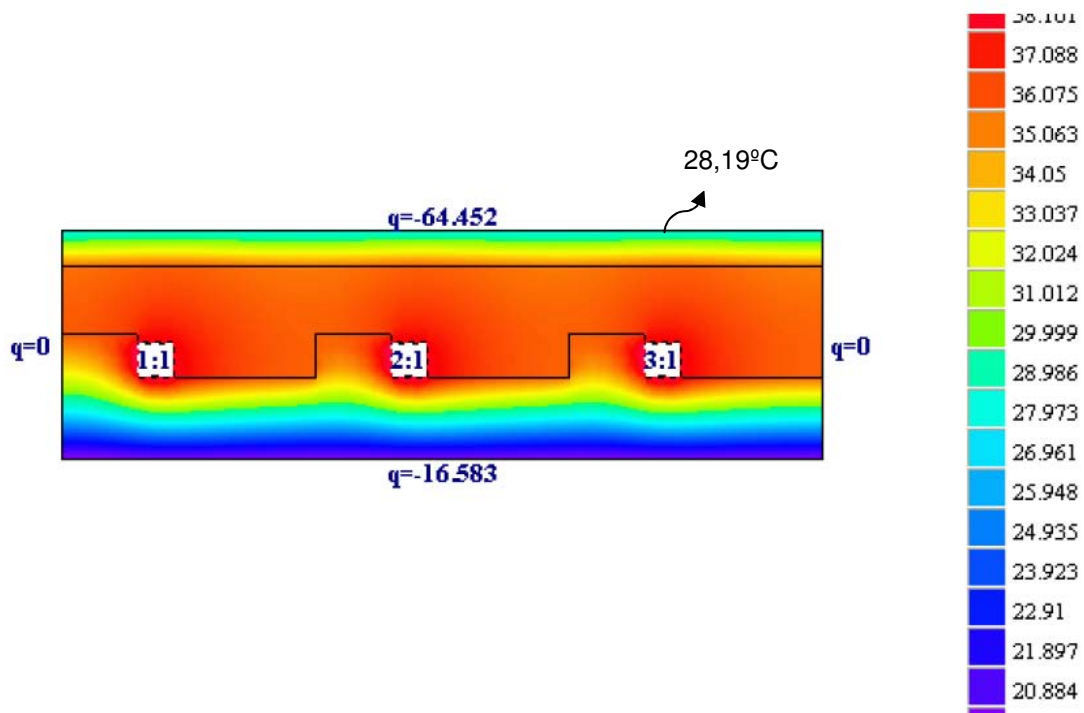
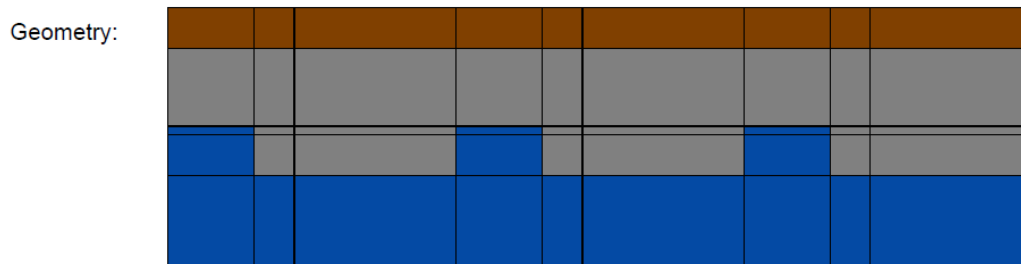


Fig.6.7 - Termometria do Soalho “Ingenious” 14 mm, sem cortiça sobre sistema UPONOR.

HEAT2 report: SIMULACION\_INGENIOUS\_CORTIÇA

Input file: SIMULACION\_INGENIOUS\_CORTIÇA.DAT (\*.H2P), last saved on 28/10/2009 17:03:10

Project info:



Materials:	Lx [W/ (m·K)]	Ly [W/ (m·K)]	C [MJ/ (m³·K)]
polystyrene expanded, IEA	0.033	0.033	0.039
Betão	2	2	1
Ingenious Cortiça	0.10	0.10	1.1

Fig.6.8 – Geometria – Simulação soalho Ingenious com cortiça.

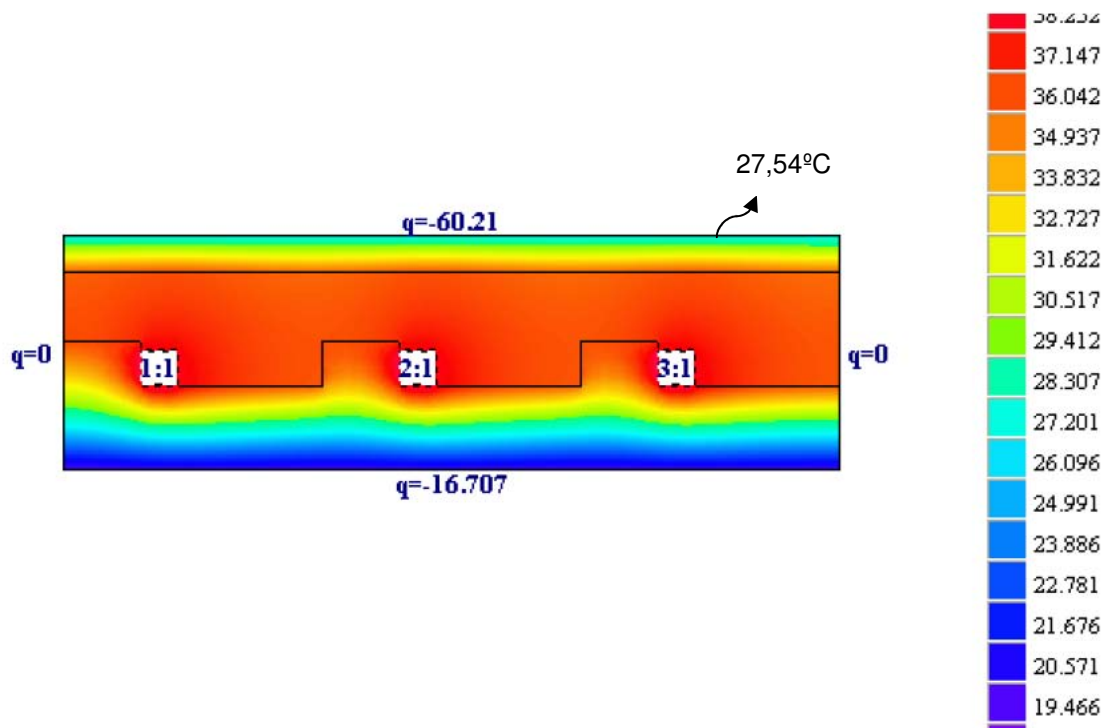


Fig.6.9 - Termometria do soalho “Ingenious” 14 mm, com cortiça sobre sistema UPONOR.

Os valores obtidos na simulação mostram que a cortiça de 2 mm utilizada no soalho “ingenious” como base resiliente contribui para uma perda térmica superficial do soalho de 0,65° C.

#### 6.4. A ESCOLHA DA MADEIRA

As madeiras de Faia, Acer e Hard Maple são espécies pouco indicadas para aplicação sobre chão radiante, pois, possuem características higroscópicas bastantes acentuadas. Essas espécies de madeira movimentam-se mais do que outras espécies quando submetidas a temperaturas mais elevadas, pelo que o ideal é utilizar madeiras de alta densidade.

As tecnologias actuais de tratamento térmico de madeiras modificam a estrutura celular das peças fazendo a humidade das células das madeiras diminuir em 60%, pelo que desse modo, os movimentos de contracção e retracção da madeira são significativamente reduzidos. Esse tipo de madeiras (tipo thermo-wood ou equivalente) são bastante adequadas para uso em revestimento de piso quando têm dureza adequada.

As espécies de madeiras mais indicadas para aplicação em pavimentos com aquecimento radiante são as madeiras com maior densidade (acima dos 600 kg/m<sup>3</sup>), uma vez que essas, em geral, possuem maior condutibilidade térmica do que as de menor densidade.

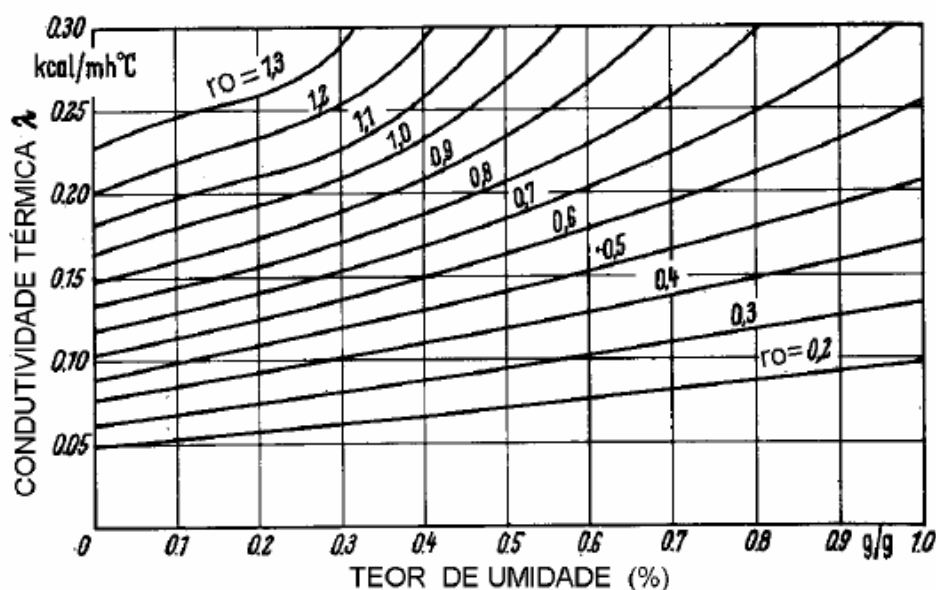


Fig. 6.10 – Relação entre a condutividade térmica e o teor de água [48].

### 6.5. PROTECÇÃO CONTRA HUMIDADE

Em soluções construtivas em que a humidade relativa do pavimento esteja mais elevada que 60%, torna-se necessário aplicar uma barreira de vapor o mais próximo possível do soalho. Uma barreira anti-humidade é utilizada sempre que a laje tenha grande tendência à humidade, como por exemplo, laje de rés de chão, vigas leves de betão, andar subjacente muito quente ou húmido (com caldeiras). Dessa forma, a manta impede que o vapor de água, por capilaridade, alcance a madeira e ocasione danos irreversíveis ao soalho.

Nos casos de construção nova em que a laje já tem isolamento, como por exemplo, com solução construtiva de abobadilha em poliestireno expandido, incluindo protecção contra pontes térmicas, a barreira é desnecessária, havendo somente que garantir os cuidados necessários de isolamento do sistema de aquecimento aplicado.

### 6.6. COLAS PARA FIXAÇÃO DO SOALHO

A aplicação da cola com resinas adesivas de um ou dois componentes sobre o chão radiante, é muito utilizada para a fixação do soalho, dado que estas colas são constituídas por resinas adesivas sem presença de água ou solventes químicos. As resinas adesivas são compostas por uma mistura química de aglutinantes orgânicos e aditivos. Desse modo, a sua característica de endurecimento é influenciada pela temperatura do material (soalho, betonilha ou outros).

#### 6.6.1. Resinas Adesivas de Poliuretano

As resinas adesivas à base de poliuretano são fornecidas em sistemas de dois componentes (PUR-2 K) ou um componente (PUR-1 K) [49].

A secagem dos adesivos de dois componentes (PUR -2 K) ocorre continuamente através da reacção química dos componentes. Dessa forma, a reacção química inicia-se, imediatamente, após os componentes serem misturados. Subsequentemente a este processo a mistura tem um tempo de vida útil muito reduzido, ou seja, poderá perder as suas propriedades decorridos entre 30 a 60 minutos. Este facto requer uma boa preparação do soalho (cortes) antes da aplicação da cola à betonilha. Para além disso, o processo de mistura dos componentes deve ser muito bem acompanhado pois, medições de quantidades incorrectas, poderão resultar em imperfeições de colagem do soalho [49].

Os adesivos de poliuretano de um componente processam uma reacção química de secagem com o ambiente húmido. Este processo começa imediatamente após a abertura do recipiente e continua durante a aplicação. Dessa forma, as propriedades de secagem dependem da água e humidade contidas na betonilha, no soalho e das condições climáticas do ambiente onde o soalho é aplicado.

Os adesivos de poliuretano, geralmente, não possuem componentes que possam influenciar no aumento do volume da madeira do soalho, porém, deve-se ter em consideração que na sua composição existem substâncias perigosas que requerem medidas de protecção durante a aplicação do soalho.

#### 6.6.2. Resinas Adesivas Epoxy

As resinas adesivas Epoxy para soalhos são comercializadas, unicamente, como resinas de dois componentes e possuem características técnicas semelhantes aos adesivos poliuretano de dois componentes [49].

### 6.7. RECOMENDAÇÕES

Resumem-se em seguida os principais cuidados a garantir na aplicação dos soalhos colados sobre pisos radiantes.

Na aplicação do soalho colado deve verificar-se o seguinte:

- Humidade do soalho de madeira deverá assumir os valores entre 8 a 12 %;
- Armazenar o soalho no local onde será aplicado pelo menos 2 dias antes da sua fixação;
- A betonilha onde será aplicada nunca deverá ter mais de 3 % de humidade;
- Dar preferência a madeiras de alta densidade;
- Sempre que possível reduzir a laje acima dos elementos do sistema radiante, optar por um sistema onde o conjunto tenha uma espessura total razoável;
- Escolher um revestimento de piso com espessura máxima de 14 mm;

- Dar preferências a soalhos de madeira com resistência térmica entre  $0,18\text{m}^2 \text{ K/W}$  e  $0,15\text{m}^2 \text{ K/W}$  e condutibilidade térmica de  $0,12 \text{ W/mK}$ ;
- Evitar madeiras como a Faia, Hard Maple e o Acer, pois, essas movimentam-se mais do que outras espécies;
- Utilizar colas com baixo teor de água e dissolventes (colas de melamina, adesivos epoxi, cola com dois componentes a base de poliuretano);
- Não aplicar o soalho antes do sistema ter sido aquecido pela primeira vez;
- Aplicar o soalho 48 horas antes de o sistema ter sido desligado;
- Desligar gradualmente o sistema de aquecimento radiante somente após 3 dias da aplicação do soalho;
- A temperatura da água na tubagem do piso radiante deverá ser aumentada de  $5^\circ \text{ C}$  por dia até atingir a temperatura máxima de  $55^\circ \text{ C}$ , que não deverá ser excedida.

#### **6.8. CUIDADOS APÓS A APLICAÇÃO**

Alguns cuidados de manutenção dos sistemas são muito importantes para o bom desempenho de um soalho e incluem:

- A temperatura máxima da água do sistema deve ser de  $55^\circ \text{ C}$ ;
- A face interior do soalho não deve estar a uma temperatura superior a  $26^\circ \text{ C}$ , tendo em conta o isolamento térmico da madeira; essa temperatura proporcionará uma temperatura superficial entre  $23^\circ \text{ C}$  e  $25^\circ \text{ C}$  que são temperaturas suficientes para manter um ambiente aquecido e confortável; acima dos  $27^\circ \text{ C}$  poderão surgir retracções irreversíveis no soalho, para além de gerar desconforto térmico;
- Garantir que a temperatura da superfície do soalho não exceda  $27^\circ \text{ C}$ ;
- Manter a humidade relativa da sala entre 30 a 60 %;
- Não é recomendável o uso de tapetes sobre chão de aquecimento radiante;
- Para que o soalho tenha bom desempenho é importante o controlo do sistema de aquecimento; deve-se verificar sempre se a temperatura está equilibrada e se tudo está a funcionar bem no sistema; essa é uma boa garantia para um soalho duradouro.

#### **6.9. ASPECTOS GERAIS DO COMPORTAMENTO DO SOALHO**

Os revestimentos de pavimentos actuais podem dar a sensação de pouco ou muito calor e frio, mesmo quando se encontram à mesma temperatura dos locais. A superfície de um revestimento em contacto directo com o corpo humano pode apresentar valores de condutibilidade térmica muito variada. Isso deve-se ao facto de alguns materiais serem mais isolantes térmicos do que outros. A madeira comparada com outros materiais possui características de isolante térmico. Em algumas ocasiões, essa característica é desejável, porém, num sistema de chão radiante é desejável a aplicação de revestimento com materiais de baixa resistência térmica.

É comum utilizar revestimentos cerâmicos sobre os sistemas de chão radiante, dado que estes possuem baixa resistência térmica. Porém, os revestimentos cerâmicos arrefecem rapidamente quando o sistema de aquecimento por chão radiante é desligado, ao contrário dos revestimentos em madeira demoram mais tempo para arrefecerem ficando o ambiente por muito mais tempo aquecido. Um sistema de aquecimento por chão radiante revestido com material cerâmico fica mais tempo ligado durante o ano do que se fosse revestido com soalho em madeira.

Por causa das características de higroscopia, a madeira alcança a mesma humidade relativa do ar no ambiente interior. Dessa forma, a deformação da madeira não é uniforme. Os métodos actuais de fabrico dos soalhos compósitos multicamadas diminuem o movimento da madeira por causa das posições das camadas estruturais do soalho. Na prática, a secção transversal do soalho multicamadas poderá apresentar-se, levemente, convexa quando aplicada sobre o pavimento com aquecimento radiante. Para que não haja danos no soalho, é importante que o limite de concavidade esteja num nível aceitável, quando a humidade relativa do ar se situa entre os 30 % e os 60 %.

Actualmente existe pouca informação técnica de âmbito científico sobre questões relacionadas com o sistema mais adequado a cada tipo de revestimento sendo, na maioria dos casos, as informações ainda muito subjectivas e comerciais.



## RESUMO DE RESULTADOS E CONCLUSÕES

Neste trabalho desenvolveu-se um estudo no sentido de analisar as principais características de desempenho dos soalhos compósitos industrializados. Após definição do objecto de estudo, procedeu-se a uma análise de um caso real de um soalho fabricado em Portugal, com o objectivo de melhor perceber as exigências de desempenho de um soalho multicamadas.

No capítulo 2 apresenta-se um estudo bibliográfico dos principais revestimentos em madeira que tornou mais fácil entender a evolução mais recente dos revestimentos de piso em madeira, resultantes de factos ocorridos nos últimos anos, tais como:

- Escassez da madeira;
- Busca por um melhor desempenho dos produtos de construção e das habitações em geral;
- Concorrência comercial;
- Exigências normativas.

Além da revisão bibliográfica, entendeu-se também ser importante apresentar um resumo de dados estatísticos sobre os revestimentos de piso de maior comercialização em toda Europa, para o que se utilizaram dados da FEP. Esse estudo consta também do Capítulo 2 e permitiu concluir que os revestimentos de piso em madeira representam actualmente cerca de 20 % dos revestimentos de piso totais os *parquets* multicamada representam a quase totalidade (77 % - ver figura 2.20).

Após introdução da Directiva dos Produtos da Construção na prática obrigatória dos técnicos associados à Indústria da Construção, tornou-a obrigatória a marcação CE de quase todos os produtos de construção. Em Março de 2010 essa obrigação aplicar-se-á também aos revestimentos de piso. Nestes se incluem obviamente os revestimentos multicamadas, tais como o soalho *Ingenious*. Esta situação está a obrigar os fabricantes nacionais a implantar nas suas unidades fabris processos de controlo da qualidade que permitam a colocação da referida marcação. Nesta dissertação, apresenta-se no Capítulo 4 o processo de controlo da qualidade implementado na empresa que fabrica o *Ingenious* e que permitirá a colocação da marcação quando esta se tornar obrigatória.

O caso estudado é apresentado nesta dissertação, na perspectiva técnica nos Capítulos 3 e 4. No Capítulo 3 descreveu-se o soalho estudado, caracteriza-se genericamente o respectivo processo de fabrico, indicam-se os processos de construção associados à colocação e apresentam-se de forma geral os processos de controlo da qualidade. No Capítulo 4, como referido, tratam-se as questões de qualidade directamente relacionadas com a marcação CE. Este processo constitui um desafio importante para as empresas portuguesas. Procurou demonstrar-se nesta dissertação que, embora difícil, este constitui um problema passível de resolução com uma abordagem técnica rigorosa dos processos, existindo na normalização europeia e em muita outra documentação técnica já disponível (embora muitas vezes ainda não traduzida para português) os documentos necessários para uma rápida

e eficiente implantação dos procedimentos adequados ao controlo de qualidade necessário à marcação CE. Com este objectivo, foi necessário realizar algumas visitas técnicas à empresa J&J Teixeira SA, sediada em Olival, Vila nova de Gaia, fabricante do soalho *Ingenious*, estudado nesta dissertação.

Da análise do estudo bibliográfico sobre as exigências normativas no que diz respeito aos soalhos em madeira foi possível concretizar algumas conclusões importantes, entre as quais se destacam:

- As exigências para marcação CE trazem grandes desafios para a indústria dos soalhos; Este processo de mudança implicará um efeito de melhoria importante na qualidade dos soalhos em madeira, uma vez que estes produtos terão que ser fabricados no integral respeito por regras de qualidade que permitam que as obras onde são aplicados respeitem os requisitos mínimos de desempenho das obras (exigências essenciais); sendo assim, esta situação facilitará também o trabalho a desenvolver por arquitectos e engenheiros na preparação das especificações técnicas dos trabalhos que terão de especificar nos seus projectos, garantindo assim uma mais correcta execução dos trabalhos em obra;
- Actualmente em Portugal tem sido crescente a quantidade de empresas da indústria de madeira que optaram por trabalharem com linhas de produção unicamente direccionadas para o mercado da construção civil; São empresas com capacidade de promover o desenvolvimento de produtos de grande qualidade, porém, ainda não se sentem confortáveis com o panorama de mudanças decorrentes das exigências resultantes da marcação CE obrigatória;
- A insuficiência de normas nacionais para aplicação ou de recomendações para controlo de aplicação faz com que alguns fabricantes de soalho utilizem normas muito incoerentes entre si; a CEN/TC 175 aplica-se em produtos e componentes associados à construção em madeira não tratando apenas de questões relacionadas com áreas concretas como os revestimentos de piso; essa situação dificulta a tarefa dos fabricantes que têm dificuldade em seleccionar as normas mais adequadas ao seu caso particular; para além disso, ainda existem muitas normas de âmbito nacional com bastante interesse e aplicabilidade o que ainda dificulta mais o processo, até porque um fabricante exportador terá de conhecer normas de diferentes países e, neste momento, por vezes ter de adaptar o fabrico ou o controlo de qualidade a cada negócio/país em particular; este facto ocasiona muitas vezes a preparação de manuais técnicos meramente comerciais, sem nenhuma fundamentação técnica;
- Necessidade de normas específicas no que respeita a recepção em obra, aplicação, tolerâncias, desempenho (tal como por exemplo o sistema de revestimento de piso em madeira sobre pavimento radiante);
- Insuficiências no que concerne à tradução de normas europeias para português sobretudo no que se refere aos muito dilatados prazos gastos na tradução.

Nos capítulos 5 e 6 procedeu-se a dois estudos técnicos específicos aplicáveis ao caso de estudo. O estudo na componente acústica, apresentado no Capítulo 5, sendo mais detalhado e desenvolvido, permitiu chegar a conclusões mais detalhadas e bastante interessantes que são apresentadas de forma mais detalhada no final desse Capítulo (ponto 5.7).

As conclusões principais a que se chegou no estudo que envolveu o comportamento do soalho estudado ao ruído de percussão são as seguintes:

- A diversidade das características das fontes de ruído sonoro reais faz deste um estudo muito complexo (não é possível materializar em Laboratório por um único método de ensaio uma

enorme diversidade de fontes tais como o ruído do caminhar, a queda de objectos, o rolar de um objecto, entre outros ; o método de ensaio laboratorial não é seguido em todo o Mundo da mesma forma;

- Os ensaios ao soalho *Ingenious* apresentaram resultados gerais de redução sonora a ruídos de percussão muito significativos (redução de 18 dB); quando comparados com os soalhos em madeira maciça (redução de 12 dB) mostram uma melhoria importante; Em comparação com outros tipos de soalhos semelhantes com valores declarados, o soalho *Ingenious* apresenta, em alguns casos, valores relativamente melhores;
- A introdução de uma base em corticite no soalho *Ingenious*, melhorou os resultados em apenas 1 dB; O ensaio evidenciou no entanto resultados de redução sonora melhores para as altas frequências não sendo possível avaliar de forma adequada a contribuição nas baixas frequências; parece assim possível concluir-se que a corticite traz ao produto melhorias significativas nas baixas frequências que o método de ensaio não permite realçar; será importante encontrar novas metodologias de ensaio que evidenciem o comportamento dos revestimentos nas baixas frequências e assim façam salientar essa conclusão que, para já, após pode ser obtida por meios de avaliação qualitativos na base da psico-acústica.

O Capítulo 6 salienta as dificuldades principais que se podem associar à utilização de revestimentos de piso colados em madeira sobre pisos radiantes. Apresenta também resultados de uma simulação numérica realizada sobre uma solução teórica viável associadas a temperaturas superficiais do soalho, não incluindo a componente tempo.

Sobre este tema, pensou-se realizar um ensaio à escala real sobre um caso concreto com o objectivo de avaliar o comportamento da colagem, das juntas e também da inércia do sistema (tempo que o sistema demora a estabilizar a temperatura da superfície irradiante, curva de temperaturas dessa superfície após desligar a fonte de aquecimento, uniformidade da temperatura ao longo de toda a superfície, etc). Esta constitui uma área de estudo futuro bastante promissora e interessante já que, se entende que o parquet multicamadas, colado ou flutuante, constitui a melhor solução de revestimento de piso que pode ser aplicado sobre um piso radiante.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] [www.freeoatentsonline.com](http://www.freeoatentsonline.com), consultado em Junho de 2009;
- [2] [www.eurowoodfloor.org/eng/setfep.htm](http://www.eurowoodfloor.org/eng/setfep.htm), consultado em Junho de 2009;
- [3] DPC 89/106/CEE , transposta em Portugal pelo Decreto-Lei nº 4/2007, de 8 de Janeiro;
- [4] [www.parquetflooring.co.uk](http://www.parquetflooring.co.uk), consultado em Junho de 2009;
- [5] [www.parquets-versailles.com](http://www.parquets-versailles.com), consultado em Junho de 2009;
- [6] [www.flickr.com/photos/rucher\\_orgeval/3795551524](http://www.flickr.com/photos/rucher_orgeval/3795551524), consultado em Junho de 2009;
- [7] CEN EN 13756 - Wood flooring – Terminology, 2002;
- [8] NP 749 - Painéis de Parquet Mosaico, 1987;
- [9] EN 13488 - Wood flooring. Mosaic parquet elements, 2002;
- [10] EN 13227 - Wood flooring. Solid lamparquet products, 2002;
- [11] CEN EN 13226 - Wood flooring - Solid parquet elements with grooves and/or tongues, 2009;
- [12] EN 13228 - Wood flooring. Solid wood overlay flooring elements including blocks with an interlocking system, 2002;
- [13] <http://www.eurowoodfloor.org/eng/setfep.htm>, Julho de 2009;
- [14] Ficha Técnica – Detalhe Técnico do soalho Ingenious da empresa J&J Teixeira SA;
- [15] NP EN ISO 140-8:2008 - Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção, parte 8: Medição em laboratório da redução de transmissão sonora de revestimento de piso em pavimento normalizado;
- [16] UNE 56.810 “Revestimentos em Madeira, Aplicações e Especificações;
- [17] Manual de Qualidade da empresa J&J Teixeira SA, 2007;
- [18] Sanchez J. Enrique Peraza, Carpiteria II, Suelos de Madera, Aitim, 2006;
- [19] Forest Products Laboratory, *Wood Handbook, wood as a Engineering Material* , U.S. Department of Agriculture, United States, 1999;

- [20] EN 14342:2005+A1:2008 – Wood flooring – Characteristics, evaluation of conformity and marking, 2008;
- [21] LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, documento de apoio à implantação da marcação CE de revestimentos de piso em madeira, 2008;
- [22] Boletim de Información técnica. Mercado CE para Suelo de Madera, nº 241, AITIM, Mayo-Junio, 2006;
- [23] EN ISO 9239-1- Reaction to fire tests for floorings - Part 1: Determination of the burning behavior using a radiant heat source, 2002;
- [24] Decisão da Comissão, 2000/147/CE, de 8 de Fevereiro de 2000;
- [25] EN 13238 - Reaction to fire tests for building products. Conditioning procedures and general rules for selection of substrates, 2001;
- [26] EN 717-1 - Wood-based panels, determination of formaldehyde release - Part 1: formaldehyde emission by the chamber method. European Standard, October 2004;
- [27] EN 12664 - Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Dry and moist products of medium and low thermal resistance, 2007;
- [28] EN ISO 10456 - Building materials and products -- Hygrothermal properties -- Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values, 2007.
- [29] NP EN 335-1 - Durabilidade da Madeira e de produtos derivados - Definição das Classes de risco de ataque biológico -Parte 1: Generalidades. IPQ, 1994.
- [30] NP EN 335-2 : Durabilidade da Madeira e de produtos derivados - Definição das Classes de risco de taque biológico - Parte 2: Aplicação à madeira maciça. IPQ, 1994.
- [31] NP EN 350-2 (2000): Durabilidade da Madeira e de produtos derivados – Durabilidade natural da madeira maciça - Parte 2: Guia da durabilidade natural da madeira maciça e da impregnabilidade das espécies de madeira seleccionadas pela sua importância na Europa, IPQ, 2000.
- [32] Carvalho, A. P. Oliveira de, *Acústica Ambiental e de Edifícios*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP, 5ª Edição, Porto, 2006;
- [33] [www.kineticsnoise.com](http://www.kineticsnoise.com), consultado em Junho de 2009;
- [34] RRAE - Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, DL 96/2008;
- [35] EN ISO 717-2 - Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 2: Impact sound insulation, 1996;
- [36] Takahashi A, Tanaka C, Nakao T, Iwashige H, Minamizawa A, Schniewind A (1987) *The Characteristics of Impact Sounds in Wood-floor Systems*. Mokuza Gakkaishi 33:941–949;

- [37] DIN 52211 (1953) - Bauak; stiches Prufungen Schalldammzahl and Normtrittschallpegel, Deutschen Normenausschusses;
- [38] DIN 4109 - Sound insulation in buildings; requirements and testing 1989-11;
- [39] JIS A 1418/1: Measurement of floor impact sound insulation of buildings - Part 1: Method using standard light impact source. Japan Industrial Standards, 1973;
- [40] JIS A 1418/2: Measurement of floor impact sound insulation of buildings - Part 2: Method using standard heavy impact sources. Japan Industrial Standards, 1973;
- [41] Jin Yong Jeon - Jeong Ho Jeong, *Objective and Subjective Evaluation of Floor Impact Noise*, Journal of Temporal Design in Architecture and the Environment (2002) Vol. 2; No. 1;
- [42] Determination of dynamic stiffness -Part 1: Materials used under floating floors in dwellings, 1989;
- [43] Parmanen Juhani, Pekka Sipari & Seppo Uosukainen, *Sound Insulation of Multi-storey Houses, Summary of Impact Sound Insulation*, VTT Technical research center of Finland, Espoo 1999;
- [44] J. Sell, *Eigenschaften und Kenngrößen Von Holzarten*, 3. Aufl., Baufachverlag AG Zurich 1989;
- [45] R. Keylwerth and data of the U.S. Forest Products Laboratory, Madison 1951;
- [46] Carvalho, Albino de, “Madeiras Portuguesas”, 1996;
- [47] Manual Técnico UPONOR, Aplicações de Aquecimento Radiante e Climatização, 2009;
- [48] LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil – Coeficiente de Transmissão térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios. Santo, Pina dos Santos; Matias, Luís, 14ª Ed. Lisboa , 2009;
- [49] Swedish Flooring Association, *Wooden floors Over Underfloor Heating*, 1ª Ed. GBR, 2005;



**ANEXO 1 – RESULTADOS DAS MEDIÇÕES EM LABORATÓRIO**

**ANEXO 2 – FICHA TÉCNICA SOALHO INGENIOUS**

**ANEXO 3 – SIMULAÇÃO – SISTEMA UPONOR**



## **ANEXO 1 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES EM LABORATÓRIO**

**REDUÇÃO DE TRANSMISSÃO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO**

Amostra: E1

Freq. (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	L	L <sub>A</sub>
Desvio Padrão	4,5	2,6	2,5	3,2	2,7	0,9	2,3	1,2	1,9	1,1	1,7	1,8	2,4	2,9	2,8	2,4	2,5	2,1	1,7	1,7	1,4		
L <sub>i</sub> (dB)	66,8	58,4	65,1	68,9	68,6	72,1	74,8	77,0	75,6	79,3	76,2	73,9	70,1	65,2	60,2	53,8	47,5	43,9	39,2	33,1	27,0		
TR (s)	-	-	-	10,53	10,34	11,32	10,42	11,36	11,69	11,95	12,21	11,64	10,90	9,59	8,64	7,18	5,88	5,26	4,14	3,43	2,37		
k (dB)	-	-	-	-5,1	-5,0	-5,4	-5,0	-5,4	-5,5	-5,6	-5,7	-5,5	-5,2	-4,7	-4,2	-3,4	-2,6	-2,1	-1,0	-0,2	1,4		
L <sub>n,1</sub> (dB)	-	-	-	63,8	63,6	66,7	69,8	71,6	70,1	73,7	70,5	68,4	64,9	60,5	56,0	50,4	44,9	41,8	38,2	32,9	28,4	79,5	74,3
L <sub>n,0</sub> (dB)	64,5	53,9	58,4	62,0	64,7	69,9	72,6	75,7	74,8	77,1	77,0	78,2	78,1	77,9	78,1	78,1	77,5	76,1	74,2	71,6	67,3	88,1	87,2
ΔL (dB)	-	-	-	-1,8	1,1	2,2	2,9	4,1	4,8	3,4	6,5	9,8	13,2	17,3	22,1	27,7	32,5	34,3	36,1	38,8	38,9		
L <sub>n,0,1,0</sub> (dB)	67	67,5	68	68,5	69	69,5	70	70,5	71	71,5	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	82,6	81,8
L <sub>n,0,0</sub> - ΔL (dB)	68,8	66,4	65,8	65,6	64,9	64,7	66,6	64,0	61,2	58,3	54,7	49,9	44,3	39,5	37,7	35,9						75,5	68,0

L <sub>n,0,1,0</sub> (dB)	78
L <sub>n,0,0</sub> (dB)	83
L <sub>n,1,1,0</sub> (dB)	61

ΔL <sub>w</sub> (dB)	17	C <sub>10</sub> (dB)	-9
----------------------	----	----------------------	----

ΔL<sub>w</sub> - índice da melhoria de redução sonora a sons de percussão  
 C<sub>10</sub> - termo de adap. espectral de redução sonora a sons de percussão

L<sub>n,0,1,0</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência  
 L<sub>n,0,0</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje nua  
 L<sub>n,1,1,0</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência com o pavimento  
 C<sub>10,1</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência  
 C<sub>10,0</sub> - termo de adaptação espectral da laje nua  
 C<sub>1,1,1</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência com o pavimento

C <sub>1,1,0</sub> (dB)	-10
C <sub>1,0,0</sub> (dB)	-10
C <sub>1,1,1</sub> (dB)	-1

LABORATÓRIO DE ACÚSTICA DO INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO

REDUÇÃO DE TRANSMISSÃO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO Amostra: E2

Freq. (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	L	L <sub>a</sub>
Desvio Padrão	4,2	3,7	2,0	1,5	1,6	0,7	1,4	1,2	1,1	1,2	1,7	3,0	4,2	5,1	3,3	2,0	1,4	0,9	0,3	1,4	1,9		
L <sub>i</sub> (dB)	62,4	3,7	63,8	66,4	66,6	70,6	73,6	79,7	76,7	78,5	74,7	71,2	68,9	62,2	54,6	48,5	45,3	42,1	36,1	30,2	24,0		
TR (s)	-	-	-	10,53	10,34	11,32	10,42	11,36	11,69	11,95	12,21	11,64	10,90	9,59	8,64	7,18	5,88	5,26	4,14	3,43	2,37		
k (dB)	-	-	-	-5,1	-5,0	-5,4	-5,0	-5,4	-5,5	-5,6	-5,7	-5,5	-5,2	-4,7	-4,2	-3,4	-2,6	-2,1	-1,0	-0,2	1,4		
L <sub>n,1</sub> (dB)	-	-	-	61,3	61,6	65,2	68,6	74,3	71,2	72,9	69,0	65,7	63,7	57,5	50,4	45,1	42,7	40,0	35,1	30,0	25,4	79,4	73,6
L <sub>n,0</sub> (dB)	64,5	53,9	58,4	62,0	64,7	68,9	72,6	75,7	74,8	77,1	77,0	78,2	78,1	77,9	78,1	78,1	77,5	76,1	74,2	71,6	67,3	88,1	87,2
ΔL (dB)	-	-	-	0,7	3,1	3,7	4,1	1,4	3,7	4,2	8,0	12,5	14,4	20,3	27,7	33,0	34,7	36,1	39,2	41,7	41,9		
L <sub>n,r,0</sub> (dB)				67	67,5	68	68,5	69	69,5	70	70,5	71	71,5	72	72	72	72	72	72	72	72	82,6	81,8
L <sub>n,r,0</sub> - ΔL (dB)	66,3	64,4	64,3	64,4	67,6	65,8	65,8	62,5	58,5	57,1	51,7	44,3	39,0	37,3	35,9	32,8						74,6	67,2

L <sub>n,0,r,w</sub> (dB)	78
L <sub>n,0,w</sub> (dB)	83
L <sub>n,1,r,w</sub> (dB)	60

ΔL <sub>w</sub> (dB)	18	C <sub>10</sub> (dB)	-10
----------------------	----	----------------------	-----

ΔL<sub>w</sub> - índice da melhoria de redução sonora a sons de percussão  
C<sub>10</sub> - termo de adap. espectral de redução sonora a sons de percussão

L<sub>n,0,r,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência

L<sub>n,0,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje nua

L<sub>n,1,r,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência com o pavimento

C<sub>10,r</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência

C<sub>10</sub> - termo de adaptação espectral da laje nua

C<sub>1,r</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência com o pavimento

C <sub>1,r,0</sub> (dB)	-10
C <sub>1,0</sub> (dB)	-10
C <sub>1,r</sub> (dB)	0

LABORATÓRIO DE ACÚSTICA DO INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO

REDUÇÃO DE TRANSMISSÃO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO

Amostra: E3

Freq. (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	L	L <sub>A</sub>
Desvio Padrão	3,5	2,2	2,0	4,5	2,2	1,5	1,2	1,0	1,1	0,9	1,5	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	1,6	1,4	0,6	0,3		
L <sub>i</sub> (dB)	61,7	56,9	61,6	71,8	67,4	72,1	74,6	77,4	75,3	76,1	74,8	72,1	67,8	61,8	57,6	51,5	46,3	42,8	37,1	31,3	25,3		
TR (s)	-	-	-	10,53	10,34	11,32	10,42	11,36	11,69	11,95	12,21	11,64	10,90	9,59	8,64	7,18	5,88	5,26	4,14	3,43	2,37		
K (dB)	-	-	-	-5,1	-5,0	-5,4	-5,0	-5,4	-5,5	-5,6	-5,7	-5,5	-5,2	-4,7	-4,2	-3,4	-2,6	-2,1	-1,0	-0,2	1,4		
L <sub>n,1</sub> (dB)	-	-	-	66,7	62,4	66,7	69,6	72,0	69,8	70,5	69,1	66,5	62,5	57,1	53,4	48,1	43,7	40,7	35,1	31,1	26,7	78,5	72,5
L <sub>n,0</sub> (dB)	64,5	53,9	58,4	62,0	64,7	68,9	72,6	75,7	74,8	77,1	77,0	78,2	78,1	77,9	78,1	78,1	77,5	75,1	74,2	71,6	67,3	88,1	87,2
ΔL (dB)	-	-	-	-4,7	2,3	2,2	3,1	3,7	5,1	6,6	7,9	11,6	15,5	20,7	24,7	30,0	33,7	35,4	38,2	40,6	40,6		
L <sub>n,t,0</sub> (dB)	67	67,5	68	68,5	69	69,5	70	70,5	71	71,5	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	82,5	81,8
L <sub>n,t,0</sub> - ΔL (dB)	71,7	65,2	65,8	65,4	65,3	64,4	63,4	62,6	59,4	56,0	51,3	47,3	42,0	38,3	36,6	33,8						75,7	66,5

L <sub>n,0,t,w</sub> (dB)	78
L <sub>n,0,w</sub> (dB)	83
L <sub>n,t,w</sub> (dB)	60

ΔL <sub>w</sub> (dB)	18	C <sub>1A</sub> (dB)	-11
----------------------	----	----------------------	-----

ΔL<sub>w</sub> - índice da melhoria de redução sonora a sons de percussão  
C<sub>1A</sub> - termo de adap. espectral de redução sonora a sons de percussão

- L<sub>n,0,t,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência
- L<sub>n,0,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje nua
- L<sub>n,t,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência com o pavimento
- C<sub>1,0,t</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência
- C<sub>1,0</sub> - termo de adaptação espectral da laje nua
- C<sub>1,t</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência com o pavimento

C <sub>1,t,0</sub> (dB)	-10
C <sub>1,0</sub> (dB)	-10
C <sub>1,t,t</sub> (dB)	1

LABORATÓRIO DE ACÚSTICA DO INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO

**REDUÇÃO DE TRANSMISSÃO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO**

Amostra: E4

Freq. (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	L	L <sub>a</sub>
Desvio Padrão	3,0	2,8	2,2	3,2	2,1	1,4	3,1	1,4	1,3	1,4	1,5	1,5	1,7	1,4	1,9	1,4	1,9	1,8	2,7	3,0	2,8		
L <sub>1</sub> (dB)	64,3	58,0	64,1	70,1	67,6	71,1	74,7	78,5	75,9	78,6	76,2	72,7	67,5	60,2	56,8	51,4	47,7	42,5	37,5	32,2	25,9		
TR (s)	-	-	-	10,53	10,34	11,32	10,42	11,36	11,69	11,95	12,21	11,64	10,90	9,69	8,64	7,18	5,88	5,26	4,14	3,43	2,37		
K (dB)	-	-	-	-5,1	-5,0	-5,4	-5,0	-5,4	-5,5	-5,6	-5,7	-5,5	-5,2	-4,7	-4,2	-3,4	-2,6	-2,1	-1,0	-0,2	1,4		
L <sub>n,1</sub> (dB)	-	-	-	65,0	62,6	65,7	69,7	73,1	70,4	73,0	70,5	67,2	62,3	55,5	52,6	48,0	45,1	40,4	36,5	32,0	27,3	79,4	73,7
L <sub>n,0</sub> (dB)	64,5	53,9	58,4	62,0	64,7	68,9	72,6	75,7	74,8	77,1	77,0	78,2	78,1	77,9	78,1	78,1	77,5	76,1	74,2	71,6	67,3	88,1	87,2
ΔL (dB)	-	-	-	-3,0	2,1	3,2	3,0	2,6	4,5	4,1	6,5	11,0	15,8	22,3	25,5	30,1	32,3	35,7	37,8	39,7	40,0		
L <sub>n,0,0</sub> (dB)	67	67,5	68	68,5	69	69,5	70	70,5	71	71,5	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	82,6	81,8
L <sub>n,0,0</sub> - ΔL (dB)	70,0	68,4	64,8	65,5	66,4	65,0	65,9	64,0	60,0	55,7	49,7	46,5	41,9	39,7	36,3	34,2						75,5	67,4

L <sub>n,0,0,w</sub> (dB)	78
L <sub>n,0,w</sub> (dB)	83
L <sub>n,1,w</sub> (dB)	61

ΔL <sub>w</sub> (dB)	17	C <sub>0,w</sub> (dB)	-9
----------------------	----	-----------------------	----

ΔL<sub>w</sub> - índice da melhoria de redução sonora a sons de percussão  
C<sub>0,w</sub> - termo de adap. espectral de redução sonora a sons de percussão

L<sub>n,0,0,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência  
L<sub>n,0,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje nua  
L<sub>n,1,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência com o pavimento  
C<sub>0,0</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência  
C<sub>0,w</sub> - termo de adaptação espectral da laje nua  
C<sub>1,0</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência com o pavimento

C <sub>1,0</sub> (dB)	-10
C <sub>0,w</sub> (dB)	-10
C <sub>1,w</sub> (dB)	-1

LABORATÓRIO DE ACÚSTICA DO INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO

REDUÇÃO DE TRANSMISSÃO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO

Amostra: E5

Freq. (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	L	L <sub>a</sub>
Desvio Padrão	3,4	3,4	2,7	3,6	2,5	1,4	2,0	1,5	1,6	1,5	1,0	1,7	1,8	2,6	2,5	2,5	1,8	0,9	0,7	0,8	0,6		
L <sub>i</sub> (dB)	61,0	58,0	64,5	70,3	68,3	70,0	73,9	77,9	76,6	79,8	76,8	71,7	65,7	61,2	56,3	51,2	45,8	41,7	36,0	30,9	24,9		
TR (s)	-	-	-	10,53	10,34	11,32	10,42	11,36	11,69	11,95	12,21	11,64	10,90	9,59	8,64	7,18	5,88	5,26	4,14	3,43	2,37		
K (dB)	-	-	-	-5,1	-5,0	-5,4	-5,0	-5,4	-5,5	-5,6	-5,7	-5,5	-5,2	-4,7	-4,2	-3,4	-2,6	-2,1	-1,0	-0,2	1,4		
L <sub>n,0,100</sub> (dB)	-	-	-	65,2	63,3	64,6	68,9	72,5	71,1	74,2	71,1	66,2	60,5	56,5	52,1	47,8	43,2	39,6	35,0	30,7	26,3	79,6	74,0
L <sub>n,0,50</sub> (dB)	64,5	53,9	58,4	62,0	64,7	68,9	72,6	75,7	74,8	77,1	77,0	76,2	78,1	77,9	78,1	78,1	77,5	76,1	74,2	71,6	67,3	88,1	87,2
ΔL (dB)	-	-	-	-3,2	1,4	4,3	3,8	3,2	3,8	2,9	5,9	12,0	17,6	21,3	26,0	30,3	34,2	36,5	39,3	41,0	41,0		
L <sub>n,1,0</sub> (dB)	67	67,5	68	68,5	69	69,5	70	70,5	71	71,5	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	82,6	81,8
L <sub>n,1,0</sub> - ΔL (dB)	70,2	68,1	63,7	64,7	65,8	65,7	67,1	64,6	59,0	53,9	50,7	46,0	41,7	37,8	35,5	32,7						75,7	67,7

L <sub>n,0,100</sub> (dB)	78
L <sub>n,0,50</sub> (dB)	83
L <sub>n,1,0</sub> (dB)	61

ΔL <sub>w</sub> (dB)	17	C <sub>10</sub> (dB)	-10
----------------------	----	----------------------	-----

ΔL<sub>w</sub> - índice da melhoria de redução sonora a sons de percussão  
C<sub>10</sub> - termo de adap. espectral de redução sonora a sons de percussão

C <sub>1,0</sub> (dB)	-10
C <sub>1,0</sub> (dB)	-10
C <sub>1,1</sub> (dB)	0

L<sub>n,0,100</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência  
L<sub>n,0,50</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje nua  
L<sub>n,1,0</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência com o pavimento  
C<sub>1,0</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência  
C<sub>1,0</sub> - termo de adaptação espectral da laje nua  
C<sub>1,1</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência com o pavimento

LABORATORIO DE ACÚSTICA DO INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO

**REDUÇÃO DE TRANSMISSÃO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO** Amostra: E6

Freq. (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1K	1.25k	1.8k	2K	2.5k	3.15k	4k	5k	L	L <sub>A</sub>
Desvio Padrão	5,5	2,7	2,5	4,1	2,2	0,9	1,1	1,0	1,3	1,0	0,8	0,8	1,0	0,9	0,6	0,8	0,8	0,8	1,7	2,2	3,0	2,2	
L <sub>i</sub> (dB)	62,0	55,4	63,8	72,0	69,8	72,0	75,6	77,7	75,3	79,0	77,0	73,7	67,6	61,9	59,4	53,8	50,4	46,8	41,0	34,7	27,1		
TR (s)	-	-	-	10,53	10,34	11,32	10,42	11,36	11,69	11,95	12,21	11,64	10,90	9,69	8,64	7,18	5,88	5,26	4,14	3,43	2,37		
k (dB)	-	-	-	-5,1	-5,0	-5,4	-5,0	-5,4	-5,5	-5,6	-5,7	-5,5	-5,2	-4,7	-4,2	-3,4	-2,6	-2,1	-1,0	-0,2	1,4		
L <sub>n,1</sub> (dB)	-	-	-	66,9	64,8	66,6	70,6	72,3	69,8	73,4	71,3	68,2	62,4	57,2	54,2	50,4	47,8	44,7	40,0	34,5	28,5	79,8	74,2
L <sub>n,0</sub> (dB)	64,5	53,9	58,4	62,0	64,7	68,9	72,6	75,7	74,8	77,1	77,0	78,2	78,1	77,9	78,1	78,1	77,5	76,1	74,2	71,6	67,3	68,1	67,2
ΔL (dB)	-	-	-	-4,9	-0,1	2,3	2,1	3,4	5,1	3,7	5,7	10,0	15,7	20,6	23,9	27,7	29,6	31,4	34,3	37,2	38,8		
L <sub>n,r,0</sub> (dB)				67	67,5	68	68,5	69	69,5	70	70,5	71	71,5	72	72	72	72	72	72	72	72	82,6	81,8
L <sub>n,r,0</sub> - ΔL (dB)				71,9	67,6	65,7	66,4	65,6	64,4	66,3	64,8	61,0	55,8	51,4	48,1	44,3	42,4	40,6	37,7	76,5	67,9		

L <sub>n,0,r,w</sub> (dB)	78
L <sub>n,0,w</sub> (dB)	83
L <sub>n,1,r,w</sub> (dB)	62

ΔL <sub>w</sub> (dB)	16	C <sub>1A</sub> (dB)	-9
----------------------	----	----------------------	----

$L_{n,0,r,w}$  - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência  
 $L_{n,0,w}$  - índice de redução sonora a sons de percussão da laje nua  
 $L_{n,1,r,w}$  - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência com o pavimento  
 $C_{1,0,r}$  - termo de adaptação espectral da laje de referência  
 $C_{1,0}$  - termo de adaptação espectral da laje nua  
 $C_{1,1,r}$  - termo de adaptação espectral da laje de referência com o pavimento

$\Delta L_w$  - índice da melhoria de redução sonora a sons de percussão  
 $C_{1A}$  - termo de adap. espectral de redução sonora a sons de percussão

LABORATÓRIO DE ACÚSTICA DO INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO

**REDUÇÃO DE TRANSMISSÃO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO**

Amostra: E7

Freq. (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	L	L <sub>A</sub>
Desvio Padrão	3,6	2,7	2,7	4,2	2,8	1,6	2,9	1,2	1,4	0,8	1,2	1,7	1,6	4,1	4,2	2,8	1,0	1,4	0,8	1,1	1,1	1,8	
L <sub>i</sub> (dB)	64,1	58,2	62,9	67,8	67,2	69,7	73,2	76,9	74,7	78,1	77,0	74,6	70,1	66,0	61,7	56,3	52,4	48,7	45,9	42,1	35,9		
TR (s)	-	-	-	10,53	10,34	11,32	10,42	11,36	11,69	11,95	12,21	11,64	10,90	9,59	8,64	7,18	5,88	5,26	4,14	3,43	2,37		
K (dB)	-	-	-	-5,1	-5,0	-5,4	-5,0	-5,4	-5,5	-5,6	-5,7	-5,5	-5,2	-4,7	-4,2	-3,4	-2,6	-2,1	-1,0	-0,2	1,4		
L <sub>n,1</sub> (dB)	-	-	-	62,7	62,2	64,3	68,1	71,4	69,1	72,5	71,3	69,1	64,8	61,3	57,5	52,9	49,9	46,7	44,9	41,8	37,3	79,0	74,3
L <sub>n,0</sub> (dB)	64,5	53,9	58,4	62,0	64,7	68,9	72,6	75,7	74,8	77,1	77,0	78,2	78,1	77,9	78,1	78,1	77,5	76,1	74,2	71,6	67,3	88,1	87,2
ΔL (dB)	-	-	-	-0,7	2,5	4,6	4,5	4,2	5,7	4,6	5,7	9,1	13,2	16,5	20,6	25,2	27,6	29,5	29,3	29,8	29,9		
L <sub>n,1,0</sub> (dB)	-	-	-	67	67,5	68	68,5	69	69,5	70	70,5	71	71,5	72	72	72	72	72	72	72	72	82,6	81,8
L <sub>n,1,0</sub> - ΔL (dB)	67,7	65,0	63,4	64,0	64,8	64,8	63,8	65,4	64,8	64,8	61,9	58,3	55,5	51,4	46,8	44,4	42,5	42,7	42,7	42,7	74,5	67,9	67,9

L <sub>n,0,1,w</sub> (dB)	78
L <sub>n,0,w</sub> (dB)	83
L <sub>n,1,1,w</sub> (dB)	60

ΔL <sub>w</sub> (dB)	18	C <sub>10</sub> (dB)	-9
----------------------	----	----------------------	----

ΔL<sub>w</sub> - índice da melhoria de redução sonora a sons de percussão  
 C<sub>10</sub> - termo de adap. espectral de redução sonora a sons de percussão

- L<sub>n,0,1,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência
- L<sub>n,0,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje nua
- L<sub>n,1,1,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência com o pavimento
- C<sub>10,1</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência
- C<sub>10</sub> - termo de adaptação espectral da laje nua
- C<sub>1,1,1</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência com o pavimento

C <sub>1,1,0</sub> (dB)	-10
C <sub>1,0</sub> (dB)	-10
C <sub>1,1,1</sub> (dB)	-1

Instituto da Construção - Faculdade de Engenharia, Rua Dr. Roberto Frias, Edifício G, 4200-465 Porto • Tel./Fax: 225061525  
 www.fe.up.pt/~carvalho/alic.htm • Email: acustica@fe.up.pt

LABORATÓRIO DE ACÚSTICA DO INSTITUTO DA CONSTRUÇÃO

**REDUÇÃO DE TRANSMISSÃO A RUIDOS DE PERCUSSÃO** Amostra: E8

Freq. (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1K	1,25K	1,6K	2K	2,5K	3,15K	4K	5K	L	L <sub>A</sub>
Desvio Padrão	3,7	2,7	2,5	3,5	2,8	1,1	1,4	0,8	1,5	0,8	1,0	2,1	1,5	0,8	1,5	1,5	2,0	2,3	1,8	2,3	1,4		
L <sub>i</sub> (dB)	60,3	55,6	63,8	71,6	69,9	71,5	73,7	76,5	75,3	77,6	76,3	75,1	70,5	63,6	60,2	55,5	51,8	48,5	44,1	38,9	32,3		
TR (s)	-	-	-	10,53	10,34	11,32	10,42	11,36	11,69	11,95	12,21	11,64	10,90	9,59	8,64	7,18	5,88	5,26	4,14	3,43	2,37		
K (dB)	-	-	-	-5,1	-5,0	-5,4	-5,0	-5,4	-5,5	-5,6	-5,7	-5,5	-5,2	-4,7	-4,2	-3,4	-2,6	-2,1	-1,0	-0,2	1,4		
L <sub>n,1</sub> (dB)	-	-	-	66,5	64,9	66,1	68,7	71,1	69,8	72,0	70,6	69,6	65,3	58,9	56,0	52,1	49,2	46,4	43,1	38,7	33,7	79,1	74,1
L <sub>n,0</sub> (dB)	64,5	53,9	58,4	62,0	64,7	68,9	72,6	75,7	74,8	77,1	77,0	78,2	78,1	77,9	78,1	78,1	77,5	76,1	74,2	71,6	67,3	88,1	87,2
ΔL (dB)	-	-	-	-4,5	-0,2	2,8	4,0	4,6	5,1	5,1	6,4	8,6	12,8	18,9	22,1	26,0	28,2	29,7	31,2	33,0	33,6		
L <sub>n,0,ref</sub> (dB)	67	67,5	68	68,5	69	69,5	70	70,5	71	71,5	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	82,6	81,8
L <sub>n,0,Δ</sub> - ΔL (dB)	71,5	67,7	65,2	64,5	64,4	64,4	64,9	64,1	62,4	58,7	53,1	49,9	45,0	43,8	42,3	40,8						76,0	67,8

L <sub>n,0,r,w</sub> (dB)	78
L <sub>n,0,w</sub> (dB)	83
L <sub>n,t,r,w</sub> (dB)	61

ΔL <sub>w</sub> (dB)	17	C <sub>10</sub> (dB)	-10
----------------------	----	----------------------	-----

- L<sub>n,0,r,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência
- L<sub>n,0,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje nua
- L<sub>n,t,r,w</sub> - índice de redução sonora a sons de percussão da laje de referência com o pavimento
- C<sub>10,r</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência
- C<sub>10</sub> - termo de adaptação espectral da laje nua
- C<sub>1,t,r</sub> - termo de adaptação espectral da laje de referência com o pavimento

C <sub>10,r</sub> (dB)	-10
C <sub>10</sub> (dB)	-10
C <sub>1,t,r</sub> (dB)	0

- ΔL<sub>w</sub> - índice da melhoria de redução sonora a sons de percussão
- C<sub>10</sub> - termo de adap. espectral de redução sonora a sons de percussão

Instituto da Construção - Faculdade de Engenharia, Rua Dr. Roberto Frias, Edifício G, 4200-465 Porto - Tel./Fax: 225081525  
www.fe.up.pt/~carvalho/alic.htm • Email: acustica@fe.up.pt



**ANEXO 2 – FICHA TÉCNICA SOALHO INGENIOUS**

**INGENIOUS**<sup>®</sup>  
wood flooring



Norma Geral EN 13489  
Painéis de Parquet Multi-Camadas



### Informações Sobre o Produto

**Designação :** Soalho “Ingenious” da J&J Teixeira SA com espessura variada, constituído por 1ª camada de madeira nobre com espessura mínima de 4mm e a 2ª camada estrutural em madeira de 2ª espécie colada sobre cortiça (cortiça colada em obra ou sem cortiça).

---

#### Dados técnicos Gerais:

Tipos de Madeiras:	Afizélia, Carvalho, Cerejeira, Faia, Freixo, Hard Maple, Jatobá, Mutene, Nogueira, Riga Nova, Sucupira, Wengue, entre outras.
Acabamento:	Verniz mate (10 a 15% de brilho) com cura UV, aplicado com linha de rolos, anti- derrapante e com alta resistência a abrasividade (Verniz cerâmico).
Espessura :	Variável de 12mm a 22mm
Espessura da camada de Superfície :	Variável de 4mm a 7mm
Comprimento das Réguas :	Variável de 0,38m a 3,03m
Largura :	Variável de 0,08 a 0,19m

#### Especificações Técnicas

Reação ao Fogo:	Dfl- S1
Em relação a uma massa volúmica mínima e a uma espessura mínima:	460 Kg/m <sup>3</sup> - 14mm
Emissão de Formaldeído:	E1
Transmissão Térmica Média:	0,098 W/mK (para espessura média de 14mm, variável)
Resistência Térmica Média:	0,12 m <sup>2</sup> K/ W (para espessura média de 14mm, variável)
Durabilidade Biológica (classe de Risco):	Classe 1
Isolamento à Sons de Percussão:	17 a 18dB

---

### **ANEXO 3 – SIMULAÇÃO – SISTEMA UPONOR**



Your Reference	Our Reference	Project No	Date	Page
	Augusto Terroso	Ingenious	26-10-2009	1
Uponor Portugal, Lda. Uponor Rua Central do Olival, 1100 4415-726 Olival V.N. de Gaia www.uponor.pt		Project ID:		
		Category:		
		Name:	Ingenious	
		Address:		
		City:		

## Uponor Underfloor Heating System Flow and Pressure Drop Report - Ingenious

### Calculation Mode: Nordic

The heat demands used in the calculation of this data are based on approximate values. Approximations are used whenever exact data is not available.

To make a more accurate calculation, the exact heat loss for each individual room would be required.

In most circumstances, an approximate value is sufficient for the overall heat loss of a building.

However, individual variations between different rooms may require adjustment when commissioning the system.

#### Grupo 1

##### MANIFOLD: Colector 1

Namn	Pipe			Room Temp °C	Heat Dem. W/m²	Install. Type	Floor Covering	Valve		Press. Loss kPa
	Len m	Dim mm	c/c mm					Turns	Flow l/s	
Circ.1.1	107	16	150	21,0	70	Sistema 1	Ingenious 14mm	5,7	0,039	14,6
Circ.1.2	82	16	150	21,0	70	Sistema 1	Ingenious 14mm	4,4	0,030	7,0
Circ.1.3	129	16	150	21,0	70	Sistema 1	Ingenious 14mm	9,4	0,047	24,6
Circ.1.4	45	16	150	21,0	70	Sistema 1	Ingenious 14mm	2,9	0,016	1,3
Circ.1.5	25	16	150	21,0	70	Sistema 1	Tijoleira	1,8	0,009	0,3
Circ.1.6	48	16	150	21,0	70	Sistema 1	Ingenious 14mm	3,0	0,017	1,6
Index loss:				27,468 kPa						
Sum flow:				0,158 l/s						
Balanced loss:				28,572 kPa						
Max water temperature:				43,6 °C						
Max floor temperature:				27,5 °C						

##### MANIFOLD: Colector 2

Namn	Pipe			Room Temp °C	Heat Dem. W/m²	Install. Type	Floor Covering	Valve		Press. Loss kPa
	Len m	Dim mm	c/c mm					Turns	Flow l/s	
Circ.2.1	66	16	150	21,0	70	Sistema 1	Tijoleira	4,5	0,024	3,9
Circ.2.2	68	16	150	21,0	70	Sistema 1	Ingenious 14mm	4,6	0,025	4,1
Circ.2.3	61	16	150	21,0	70	Sistema 1	Ingenious 14mm	4,2	0,022	3,1
Circ.2.4	70	16	150	21,0	70	Sistema 1	Ingenious 14mm	4,7	0,025	4,5
Circ.2.5	56	16	150	21,0	70	Sistema 1	Ingenious 14mm	4,0	0,020	2,4
Circ.2.6	55	16	150	21,0	70	Sistema 1	Ingenious 14mm	3,9	0,020	2,3
Circ.2.7	65	16	150	21,0	70	Sistema 1	Ingenious 14mm	4,4	0,024	3,6
Circ.2.8	72	16	150	21,0	70	Sistema 1	Ingenious 14mm	4,8	0,026	4,8





Your Reference

Our Reference

Project No

Date

F

Augusto Terroso

Ingenious

26-10-2009

Uponor Portugal, Lda.  
Uponor  
Rua Central do Olival, 1100  
4415-726 Olival V.N. de Gaia  
www.uponor.pt

Project ID:

Category:

Name:

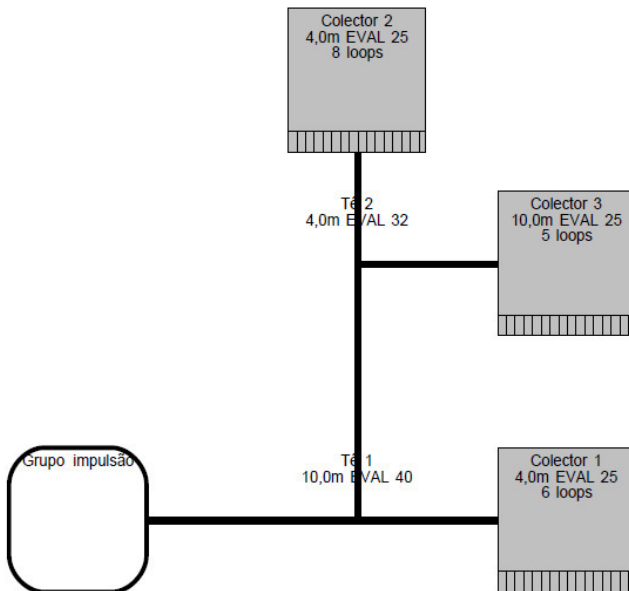
Address:

City:

Ingenious

## Uponor Underfloor Heating System

### Outline Report - Ingenious



[www.uponor.com](http://www.uponor.com)



Your Reference	Our Reference	Project No	Date	Page
	Augusto Terroso	Ingenious	26-10-2009	1

Uponor Portugal, Lda.  
 Uponor  
 Rua Central do Olival, 1100  
 4415-726 Olival V.N. de Gaia  
 www.uponor.pt

Project ID:  
 Category:  
 Name:  
 Address:  
 City:

Vivienda unifamiliar  
 Ingenious

## Uponor Underfloor Heating System

### Coils Report

Grupol

#### PIPE DISTRIBUTION IN COILS

Coil No	Article	Pipes [m]
1	Wirubo evalPEX 16x2,0	129,0 70,0
2	Wirubo evalPEX 16x2,0	107,0 82,0
3	Wirubo evalPEX 16x2,0	107,0 72,0 21,0
4	Wirubo evalPEX 16x2,0	103,0 97,0
5	Wirubo evalPEX 16x2,0	68,0 66,0 65,0
6	Wirubo evalPEX 16x2,0	61,0 56,0 55,0 25,0
7	Wirubo evalPEX 16x2,0	48,0 45,0 24,0

#### DISTRIBUTION IN MANIFOLDS AND ROOMS

Coil #1: Wirubo evalPEX 16x2,0

Length [m]	Manifold	Room
129,0	Colector 1	Circ.1.3
70,0	Colector 2	Circ.2.4

[www.uponor.com](http://www.uponor.com)





Your Reference

Our Reference  
Augusto Terroso

Project No  
Ingenious

Date  
26-10-2009

Page  
3

---

Length [m]	Manifold	Room
48,0	Colector 1	Circ.1.6
45,0	Colector 1	Circ.1.4
24,0	Colector 3	Circ.3.5

---

