itecons

Avaliação Técnica do Sistema ITS

Especificações, Métodos de Ensaio e Resultados

Cliente:

Rusticasa-Construções, Lda.
Zona Industrial Pólo 1
4920-909 Campos

RELATÓRIO DE CONSULTORIA PARA A AVALIAÇÃO TÉCNICA

(RCA001/21)

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**

Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49

www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA,
AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**

Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49

www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

Relatório de Consultoria para a Avaliação Técnica

Especificação, Métodos de Ensaio e Resultados

1 - Enquadramento e âmbito do presente relatório

O presente relatório surge na sequência de um pedido da empresa Rusticasa-Construções, Lda., para a emissão de uma Avaliação Técnica Europeia (ETA) para o sistema construtivo ITS, de acordo com o EAD 340308-00-0203 – *"Timber Building Kits"*, doravante designado como EAD.

De acordo com o Regulamento dos Produtos de Construção, Regulamento (UE) N.º 305/2011 do Parlamento e do Conselho, de 9 de março de 2011, uma ETA consiste numa avaliação documentada do desempenho de um produto de construção e é elaborada com base num Documento de Avaliação Europeu. Uma ETA pode ser emitida por um Organismo de Avaliação Técnica designado para a área de produto em que o produto de construção se enquadra (cf. Anexo IV do Regulamento). O Itecons, enquanto Organismo de Avaliação Técnica, encontra-se designado para todas as áreas de produto previstas no Anexo IV do Regulamento.

O sistema construtivo ITS é um sistema pré-fabricado em madeira preparado de forma individual para cada edifício e entregue de forma a ser montado *in situ*. O sistema inclui as partes principais de um edifício, nomeadamente as paredes exteriores e divisórias, pavimento intermédio (no caso do edifício ter mais de 1 piso) e cobertura. Os elementos necessários para garantir a estabilidade (fixações, postes, vigas, etc.), a estanquidade à água e a permeabilidade ao ar (telas, vedantes, etc.) e o isolamento térmico e acústico também fazem parte do sistema em avaliação.

O presente relatório organiza-se da seguinte forma: descrição do processo de Marcação CE; apresentação do sistema ITS; caraterísticas essenciais determinadas para o sistema ITS e considerações finais.

2 - Processo de Marcação CE

O mecanismo utilizado para evidenciar que os produtos de construção cumprem a legislação comunitária de harmonização e, por conseguinte, podem circular livremente no Mercado Interno da União, consiste na aposição da Marcação CE por parte do fabricante.

A Marcação CE deverá ser aposta pelo fabricante em todos os produtos de construção para os quais tenha sido emitida uma Declaração de Desempenho, devendo cumprir o estipulado no Regulamento (CE) N.º 765/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de Julho de 2008.

A Declaração de Desempenho é o documento no qual o fabricante descreve o desempenho dos seus produtos relativamente às suas características essenciais, de acordo com as especificações técnicas

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

harmonizadas aplicáveis, assumindo deste modo a responsabilidade pela conformidade do produto com o desempenho aí declarado.

Quando um determinado produto se encontra abrangido por uma norma harmonizada, o fabricante deverá assegurar, antes do final do período de coexistência dessa norma, a implementação do sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho (AVCP - *assessment and verification of constancy of performance*) aplicável. O sistema de AVCP, aplicável a cada produto e utilização prevista, é definido ao nível da Comissão Europeia e estabelecido em mandatos de normalização. A base para a preparação destes mandatos são os requisitos básicos das obras de construção estabelecidos no Anexo I do Regulamento.

O sistema de AVCP do produto de construção permite garantir a exatidão e a fiabilidade da Declaração de Desempenho. O Regulamento prevê a possibilidade de implementação de cinco tipos de sistemas de AVCP (Sistemas 1, 1+, 2+, 3 e 4), sendo que, à exceção do Sistema 4, os restantes sistemas prevêm a intervenção de um Organismo Notificado. Além dessa avaliação, o fabricante é responsável pela implementação e manutenção de um controlo de produção em fábrica do produto que deverá responder aos requisitos do sistema de AVCP aplicável.

Um Organismo Notificado é um organismo que cumpre os requisitos previstos no artigo 43.º do Regulamento e que exerce, enquanto terceiro, as funções de AVCP para os quais foi notificado. A notificação destes Organismos é comunicada pela autoridade notificadora de cada Estado-Membro à Comissão Europeia e é efetuada para cada especificação técnica harmonizada e por sistema de AVCP. Em Portugal, a autoridade notificadora é o Instituto Português da Qualidade (IPQ, I.P. - www.ipq.pt).

Na base de dados NANDO pode encontrar-se a lista de Organismos Notificados (https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/).

A determinação do produto-tipo, isto é, do conjunto de níveis ou classes de desempenho representativos de um produto de construção, correspondente às suas características essenciais, obtido a partir de uma determinada combinação de matérias-primas ou de outros elementos segundo um processo específico de fabrico, é efetuada através de ensaios de tipo, cálculos de tipo, valores tabelados ou em documentação técnica descritiva do produto.

Na Figura 1 encontram-se listadas as responsabilidades do fabricante em cada um desses sistemas e o papel do Organismo Notificado, quando aplicável.

Não existindo uma norma harmonizada para um determinado produto, a aposição da Marcação CE não é obrigatória. Contudo, quando um fabricante pretender colocar um produto de construção no mercado com Marcação CE e para o qual não existe norma harmonizada, poderá optar pela via voluntária da emissão de uma Avaliação Técnica Europeia (ETA – *European Technical Assessment*).

A ETA consiste numa avaliação documentada do desempenho de um produto de construção e é elaborada com base num Documento de Avaliação Europeu. As ETAs podem ser emitidas pelos Organismos de Avaliação Técnica (TAB) designados para a área de produto em que o produto de construção se enquadra (cf. Anexo IV do Regulamento) e devem seguir o formato estabelecido no Regulamento de Execução (EU) N.º 1062/2013 da Comissão.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

Refira-se que a Marcação CE pela via da ETA é voluntária contudo, quando um fabricante solicitou uma ETA a um TAB para o seu produto e esta já foi emitida, a emissão de uma Declaração de Desempenho e a consequente aposição da marcação CE passam a ser tarefas obrigatórias.

A Marcação CE por esta via garante o cumprimento dos requisitos do Regulamento e dos padrões de qualidade e segurança, para as pessoas e para o meio ambiente, estabelecidos na demais legislação comunitária de harmonização.

Figura 1: Sistemas de Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho (cf. Anexo V do Regulamento).

Não obstante, a legislação nacional estipula que a utilização de produtos da construção em edificações novas, ou em intervenções, é condicionada, nos termos da legislação aplicável, à respetiva marcação CE ou, na sua ausência, sem prejuízo do reconhecimento mútuo, à certificação da sua conformidade com especificações técnicas em vigor em Portugal.

Nos casos em que os produtos de construção não preencham nenhuma das condições previstas e sempre que a sua utilização em edificações novas ou intervenções possa comportar risco para a satisfação das exigências essenciais de resistência mecânica e estabilidade, de segurança na sua utilização e em caso de incêndio, de higiene, saúde e proteção do ambiente, de proteção contra o ruído, de economia de energia, de isolamento térmico e das demais exigências estabelecidas no Regulamento Geral das Edificações Urbanas (Decreto-Lei n.º 38 382, de 7 de Agosto de 1951, com as alterações introduzidas pelo Decreto n.º 38 888, de 29 de Agosto de 1952, pelos Decretos-Leis nºs 44 258, de 31 de Março de 1062, 45 027, de 13 de Maio de 1963, 650/75, de 18 de Novembro, 43/82, de 8 de Fevereiro, 463/85, de 4 de Novembro, 64/90, de 21 de Fevereiro, 61/93, de 3 de Março, 409/98, de 23 de Dezembro, 410/98, de 23 de Dezembro, 414/98, de 31 de Dezembro, e 555/99, de 16 de Dezembro, pela Lei n.º 13/2000, de 20 de Julho, pelos Decretos-Leis nºs 177/2001, de 4 de Junho, e 290/2007, de 17 de Agosto e pelo Decreto-Lei

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

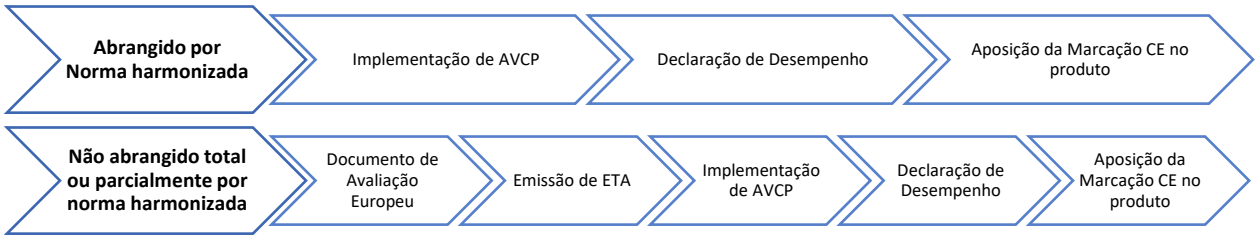
nº 50/2008, de 19 de Março), fica a mesma condicionada à respetiva homologação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

A Figura 2 ilustra a forma como se processa a Marcação CE para os casos em que o produto de construção é abrangido por uma norma harmonizada e nos casos em que não é.

Caso um produto de construção não se enquadre no âmbito de uma norma harmonizada em vigor, o fabricante pode solicitar um pedido de Avaliação Técnica a um Organismo de Avaliação Técnica. O Organismo de Avaliação Técnica deverá avaliar se o produto não se insere efetivamente no âmbito de aplicação de uma norma harmonizada, e informar o fabricante. Se o produto estiver enquadrado no âmbito de um Documento de Avaliação Europeu, este deverá ser utilizado para a emissão da ETA. Caso não exista um Documento de Avaliação Europeu em que o produto de construção se enquadre, este documento deverá ser desenvolvido no seio da Organização dos Organismos de Avaliação Técnica (EOTA - *European Organisation for Technical Assessment* - www.eota.eu).

O procedimento para a elaboração do Documento de Avaliação Europeu deverá seguir o disposto no Anexo II do Regulamento e será efetuado com o conhecimento do fabricante, o qual terá intervenção em algumas etapas do processo, podendo comentar o projeto de Documento de Avaliação Europeu.

O Documento de Avaliação Europeu apenas é publicado em Jornal Oficial da União Europeia após a emissão da primeira ETA.



AVCP – Sistema de Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho

Figura 2: Processo de marcação CE

Refira-se que as especificações técnicas harmonizadas (normas harmonizadas e documentos de avaliação europeus) podem ser consultadas na base de dados NANDO.

Os Organismos de Avaliação Técnica são designados pela autoridade competente, que comunica à Comissão Europeia os Organismos designados. Em Portugal, a autoridade competente para efeitos de designação de Organismos de Avaliação Técnica é também o Instituto Português da Qualidade, conforme previsto no Decreto-Lei N.º 130/2013.

Na Figura 3 apresenta-se o resumo das etapas da colocação dos produtos de construção no mercado, conforme apresentado ao longo deste artigo e em conformidade com o previsto no Regulamento dos Produtos de Construção.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

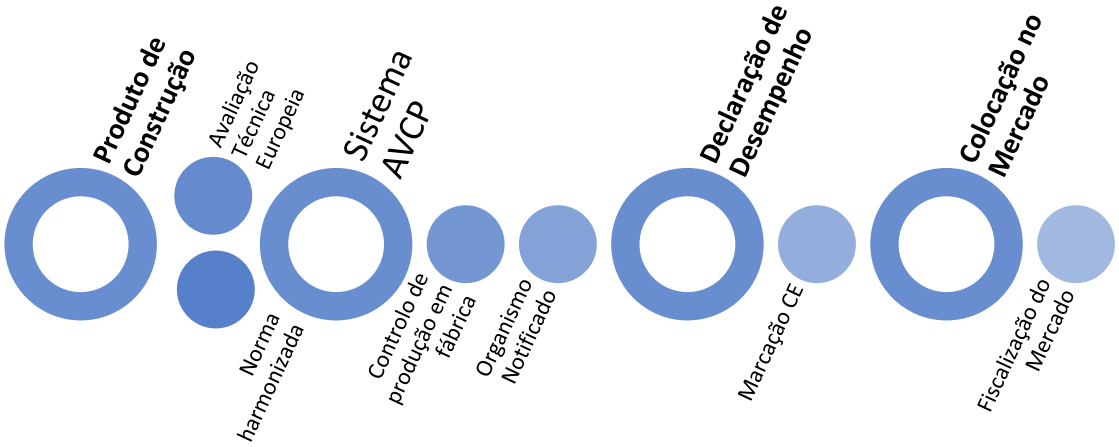


Figura 3: Resumo das etapas de colocação dos produtos de construção no mercado

As características essenciais dos produtos de construção são estabelecidas nas especificações técnicas harmonizadas em função dos requisitos básicos das obras de construção preconizados no Regulamento. De um modo geral, as obras de construção devem estar aptas para o uso a que se destinam tendo em conta a saúde e a segurança das pessoas nelas envolvidas durante todo o seu ciclo de vida.

Os requisitos básicos de construção encontram-se identificados no Anexo I do Regulamento e são:

- Resistência mecânica e estabilidade
- Segurança contra incêndio
- Higiene, saúde e ambiente
- Segurança e acessibilidade na utilização
- Proteção contra o ruído
- Economia de energia e isolamento térmico
- Utilização sustentável dos recursos naturais

Conforme se pode verificar, os requisitos básicos das obras de construção demonstram não só as preocupações com a segurança e o conforto do ser humano, mas também as preocupações com a sustentabilidade dos produtos e dos sistemas construtivos. O requisito básico relativo à utilização sustentável dos recursos foi introduzido com o novo Regulamento e reveste-se de uma grande preocupação para com o ambiente.

3 - Apresentação do Sistema ITS

O sistema ITS é um sistema para construção de edifícios em madeira composto por elementos prefabricados. Os elementos constituintes do sistema ITS em avaliação são os seguintes:

- "Naturlam W180 Bilam" – painel de parede exterior;
- "Pavimento ISOL Lã Mineral" – painel de pavimento intermédio;

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

- “Naturlam R230 ISOL160” – painel de cobertura.

O “Naturlam W180 Bilam” é um painel de parede exterior com dimensões máximas de 10 x 3 m^2 e que é composto, essencialmente, por duas lamelas de madeira bilam (2 x 20 mm) na face exterior, um núcleo em ICB (100 mm) e uma lamela em criptoméria na face interior (40 mm). Na Figura 4 apresenta-se um corte construtivo com a representação do “Naturlam W180 Bilam”.

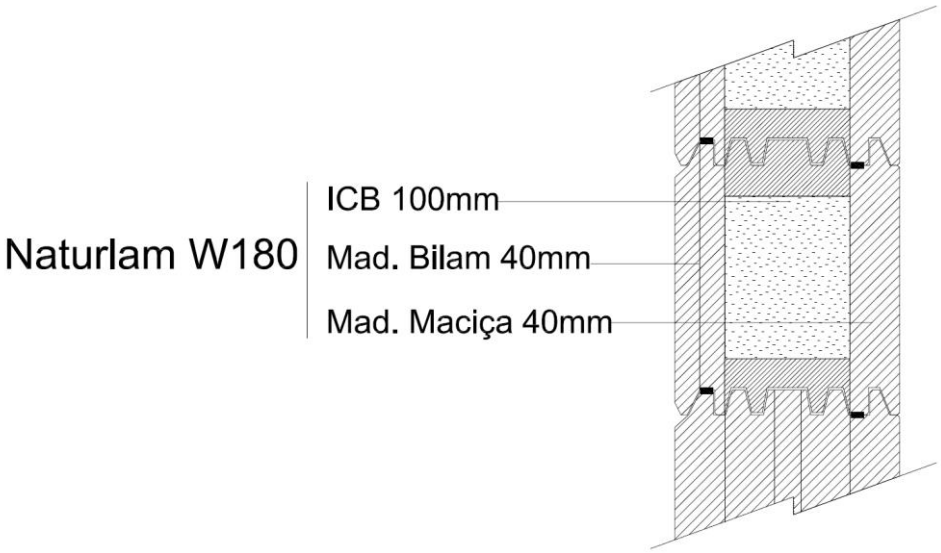


Figura 4: Corte construtivo do “Naturlam W180 Bilam”

O “Pavimento ISOL Lã Mineral” é um painel de pavimento com dimensões máximas de 0.5 x 8 m^2 e que é composto, essencialmente, por madeira lamelada colada com 210 mm de espessura, uma folha de polietileno, lã de rocha de alta densidade com 45 mm de espessura e revestimento do piso em soalho de madeira com 20 mm de espessura. O vão livre máximo é de 6.0 m. Estes painéis são apoiados diretamente nas paredes. Na Figura 5 apresenta-se um corte construtivo com a representação do “Pavimento ISOL Lã Mineral”.

Figura 5: Corte construtivo do “Pavimento ISOL Lã Mineral”

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

O “Naturlam R230 ISOL160” é um painel de cobertura com dimensões máximas de 8 x 1.25 m² e que é composto, essencialmente, por uma lamela de criptoméria (20 mm) e um painel OSB ou de aglomerado de madeira resistente à humidade pelo exterior (18mm), 160 mm de isolamento (fibra de madeira, lã mineral ou aglomerado de cortiça expandida) e uma lamela de madeira (40 mm) pelo interior. Na Figura 6 apresenta-se um corte construtivo com a representação do “Naturlam R230 ISOL160”.

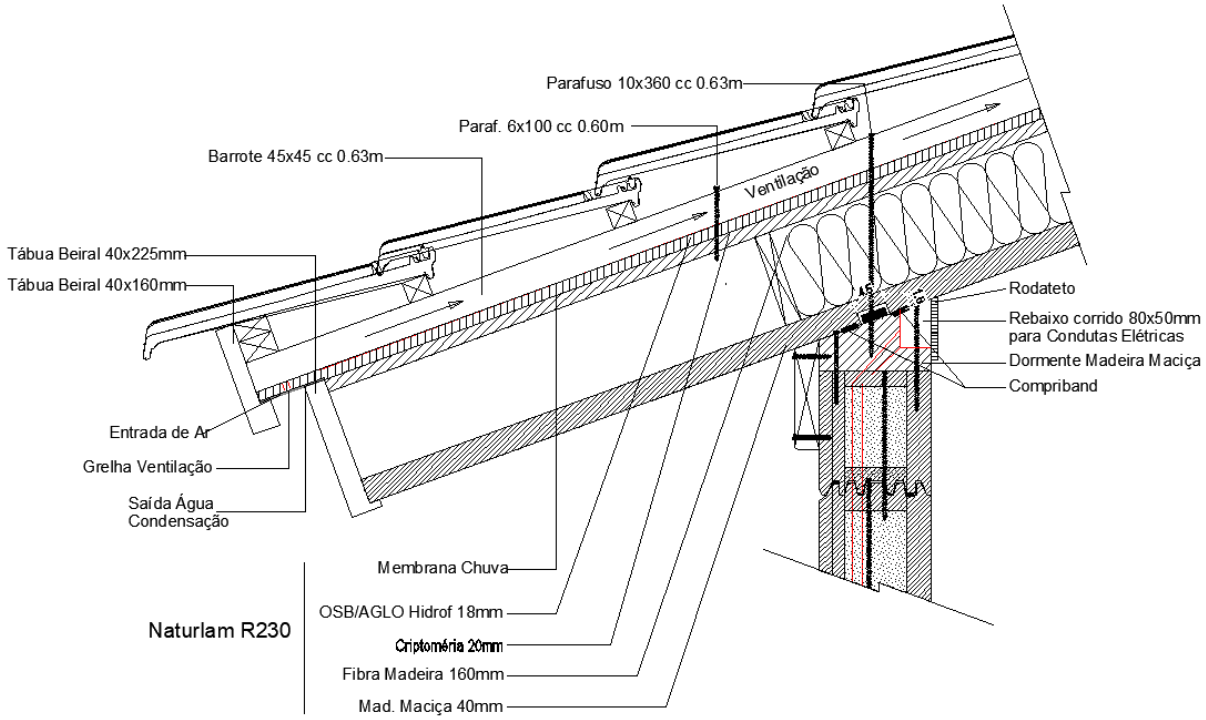


Figura 6: Corte construtivo do “Naturlam R230 ISOL160”

4 - Caraterísticas Essenciais Determinadas para Avaliação do Sistema ITS de Acordo com o EAD 340308-00-0203

Os ensaios e métodos de cálculos realizados com base no EAD servem para avaliar o desempenho do sistema no âmbito dos seguintes Requisitos Básicos das Obras de Construção:

- Resistência mecânica e estabilidade:
  - Resistência à deformação e à rigidez a cargas horizontais – EAD 340308-00-0203, secção 2.2.2;
  - Resistência à compressão -*log walls* – EAD 340308-00-0203, secção 2.2.3;
- Higiene, saúde e ambiente:
  - Resistência ao valor de água – EAD 340308-00-0203, secção 2.2.9;
  - Estanquidade à água – EAD 340308-00-0203, secção 2.2.10.2;
  - Emissão e/ou libertação de substâncias perigosas – EAD 340308-00-0203, secção 2.2.12;

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

- Proteção contra o ruído:
  - Isolamento sonoro a sons de condução aérea – EAD 340308-00-0203, secção 2.2.14;
  - Isolamento sonoro a sons de condução por percussão – EAD 340308-00-0203. Secção 2.2.15;
- Economia de energia e isolamento:
  - Resistência térmica – EAD 320308-00-0203, secção 2.2.17;
  - Permeabilidade ao ar – EAD 320308-00-0203, secção 2.2.18.

Nas secções seguintes apresentam-se os ensaios ou cálculos realizados e respetivos resultados obtidos.

4.1 - Resistência Mecânica e Estabilidade

A avaliação do sistema ITS no âmbito da Resistência Mecânica e Estabilidade engloba a determinação da resistência à deformação, determinação da rigidez a cargas horizontais no plano e a determinação da resistência à compressão.

4.1.1 Resistência à deformação e à rigidez a cargas horizontais

A determinação da resistência à deformação e determinação da rigidez a cargas horizontais do "Naturlam W180 Bilam" realizou-se de acordo com a norma EN 594 – *Timber structures. Test methods. Racking strength and stiffness of timber frame walls panels*, como previsto na secção 2.2.2 do EAD. O provete de ensaio tinha 2.4 x 2.4 m^2 de dimensão e sem aberturas. Na Figura 7 é possível observar um provete na estrutura de ensaio.

Figura 7: Provete de ensaio para a determinação da resistência à deformação e determinação da rigidez a cargas horizontais no plano do painel "Naturlam W180 Bilam"

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

As condições de ensaio dos provetes contemplaram uma força vertical constante de 5 kN ao longo de todo o ensaio não variando ±10%. A força de corte *F* foi aplicada até ser atingida a F_{max} que se atinge quando o painel colapsa ou quando a deformação da parede atinge 100 mm (a condição que se verificar primeiro).

Foram ensaiados três provetes. Na Figura 8 apresenta-se o registo fotográfico após o ensaio de um dos provetes, verificando-se a deformação causada pela aplicação da força.

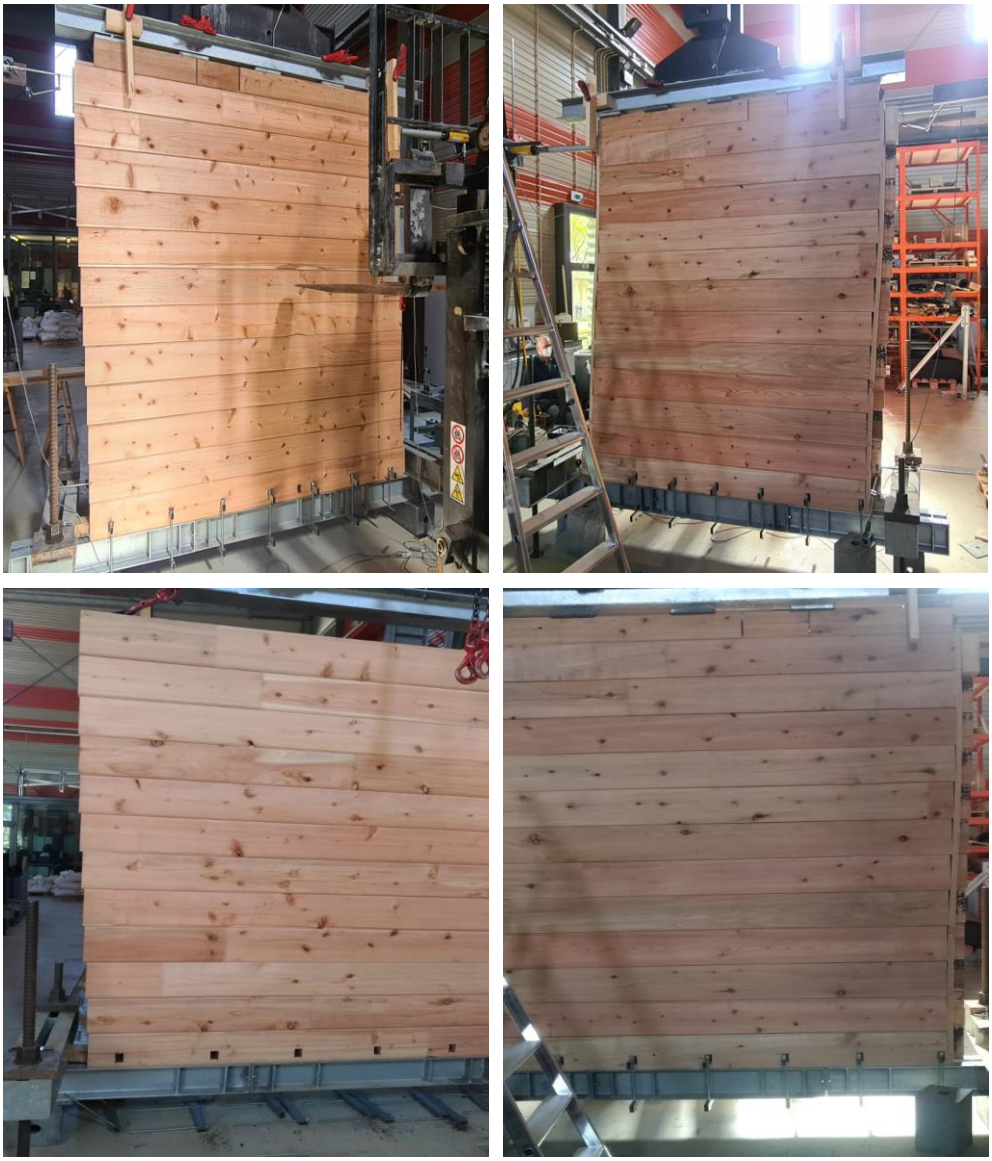


Figura 8: Registo fotográfico após o ensaio de determinação da resistência à deformação e da determinação da rigidez a cargas horizontais no plano do painel "Naturlam W180 Bilam"

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados da resistência à deformação e da rigidez a cargas horizontais no plano do painel "Naturlam W180 Bilam".

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

Tabela 1: Resistência à deformação e da rigidez a cargas horizontais no plano do painel "Naturlam W180 Bilam".

PROVETE	RIGIDEZ [N/mm]	RESISTÊNCIA À DEFORMAÇÃO [kN]
1	1103	10.64
2	2290	13.13
3	4078	13.59
Valor médio	2490	12.45

De acordo com os resultados da Tabela 1 constata-se que a rigidez do painel "Naturlam W180 Bilam" é de 2490 N/mm e a resistência à deformação é de 12.45 kN.

4.1.2 Resistência à compressão – log walls

A determinação da resistência à compressão do "Naturlam W180 Bilam" irá realizar-se num futuro próximo seguindo a norma EN 26891 – *Timber structures – joints made with mechanical fasteners – general principles for the determination of strength and deformation characteristics*, como previsto na secção 2.2.3 do EAD. O provete de ensaio tem como dimensão máxima 10 x 3 m^2 (dimensão máxima que a Rusticasa produz).

A resistência caraterística à compressão $F_{C,k}$ é obtida através da expressão seguinte:

$$F_{C,k} = F_{W,k} + n.F_{CC,k}$$

Onde:

- A capacidade de compressão caraterística $F_{W,k}$ da parede para uma carga vertical excêntrica é obtida através da expressão seguinte:

  $$F_{W,k} = min(L; 4m).b_{ef}.1{,}0\ N/mm^2\ [kN]$$

  Onde:

  - b_{ef} = ¾ espessura nominal de troncos planos ou laminados e ½ da espessura para troncos redondos [mm];
  - L = comprimento da parede [m];
  - n = número de elementos de escoramento

- Distância máxima entre elementos de escoramento do produto.

Ilustra-se na Figura 9 tal o provete construído para o ensaio de compressão em laboratório e que se encontra nas instalações do Itecons.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

Figura 9: Provete para o ensaio de compressão em laboratório

4.2 - Higiene, Saúde e Ambiente

A avaliação do sistema ITS no âmbito da Higiene, Saúde e Ambiente contemplou a determinação da resistência ao vapor de água, a estanquidade à água e o teor, emissão e/ou libertação de substâncias perigosas.

4.2.1 Resistência ao vapor de água

A resistência ao vapor de água do "Naturlam W180 Bilam" foi avaliada através de um estudo higrotérmico de simulação dinâmica de acordo com os pressupostos da norma EN ISO 13788 – Hygrothermal performance of building components and building elements - Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation methods, como previsto na secção 2.2.9 do EAD, tendo em conta condições climáticas relevantes.

Segundo o indicado na secção 2.2.9 do EAD, o crescimento de fungos e bolores é evitado quando a humidade relativa está abaixo dos 80% ou excede este valor em curtos períodos de tempo ao longo do ano para as condições climáticas relevantes.

Para a realização do estudo recorreu-se ao software de simulação dinâmica WUFI2D®. Na Figura 10 apresenta-se o modelo geométrico utilizado na simulação do comportamento higrotérmico do "Naturlam W180 Bilam".

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

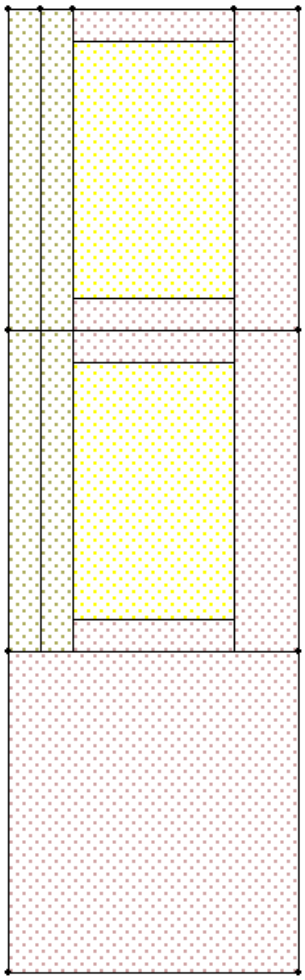


Figura 10: Modelo geométrico do "Naturlam W180 Bilam" para a simulação dinâmica do comportamento higrotérmico no WUFI2D®

A definição dos materiais está de acordo com as fichas técnicas dos materiais que a Rusticasa utiliza na construção do sistema ITS.

O clima exterior considerado foi o da cidade do Porto. Na Figura 12 apresenta-se a variação anual da temperatura e humidade relativa.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

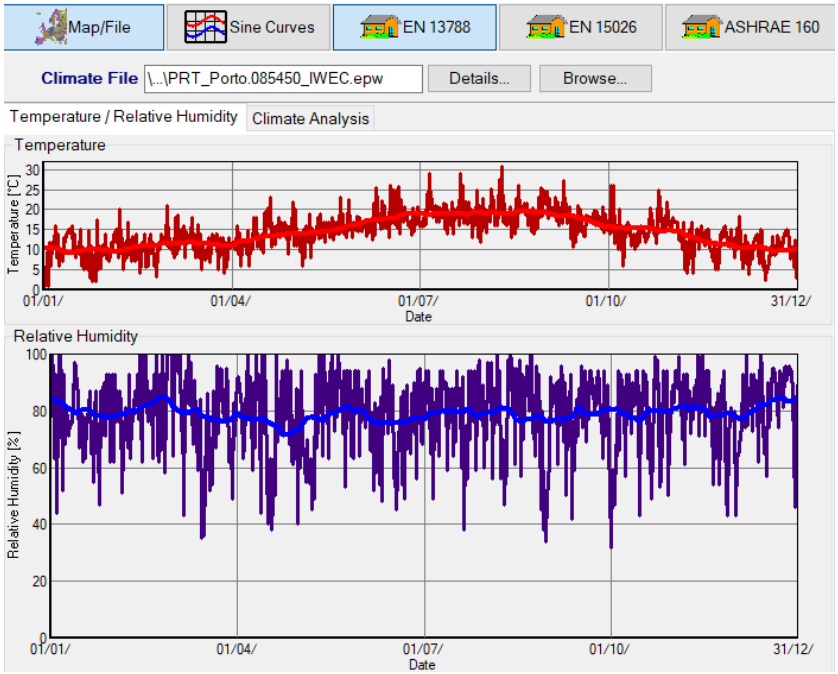


Figura 11: Temperatura e humidade relativa exterior para a cidade do Porto – WUFI2D®

O clima interior foi estabelecido de acordo com a norma EN ISO 13788. Considerou-se uma temperatura do ar interior de 20ºC e classe 2 de humidade relativa (escritórios e habitações com uma ocupação e ventilação normal) como se mostra na Figura 12.

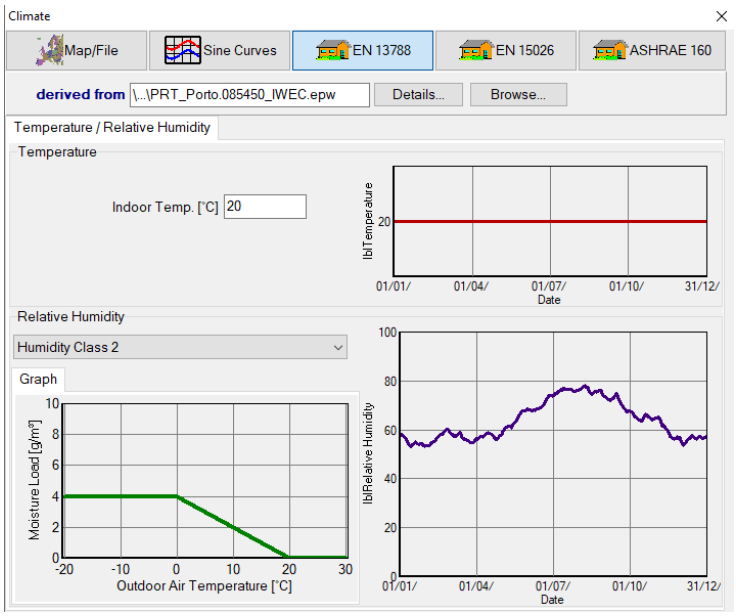


Figura 12: Condições higrotérmicas do clima interior – WUFI2D®

Os resultados que se apresentam nesta secção referem-se às interfaces assinaladas na Figura 13: 1 – interface bilam/ICB; 2 – interface ICB/criptoméria e 3 – superfície interior.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

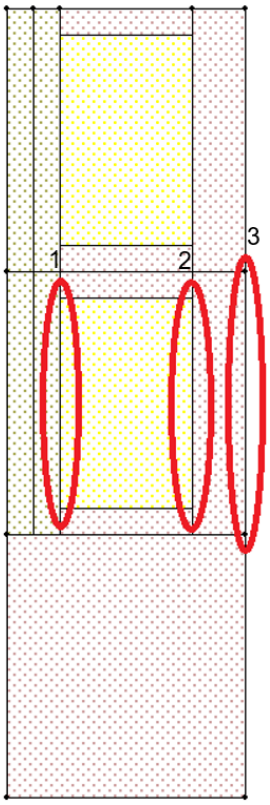


Figura 13: Interfaces avaliadas no estudo de resistência à difusão de vapor: 1 – bilam/ICB; 2 – ICB/criptoméria e 3 – superfície interior

De referir que as simulações efetuadas contemplaram três anos de simulação de forma a estabilizar o modelo tendo em conta o fenómeno de molhagem/secagem do elemento construtivo. Os resultados apresentados na Figura 14, Figura 15 e Figura 16 referem-se ao terceiro ano de simulação, período onde o desempenho higrotérmico do elemento construtivo simulado já está estabilizado.

Na Figura 14 mostram-se os resultados da temperatura, humidade relativa, teor em água e risco de crescimento de fungos e bolores para a interface 1 – bilam/ICB.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

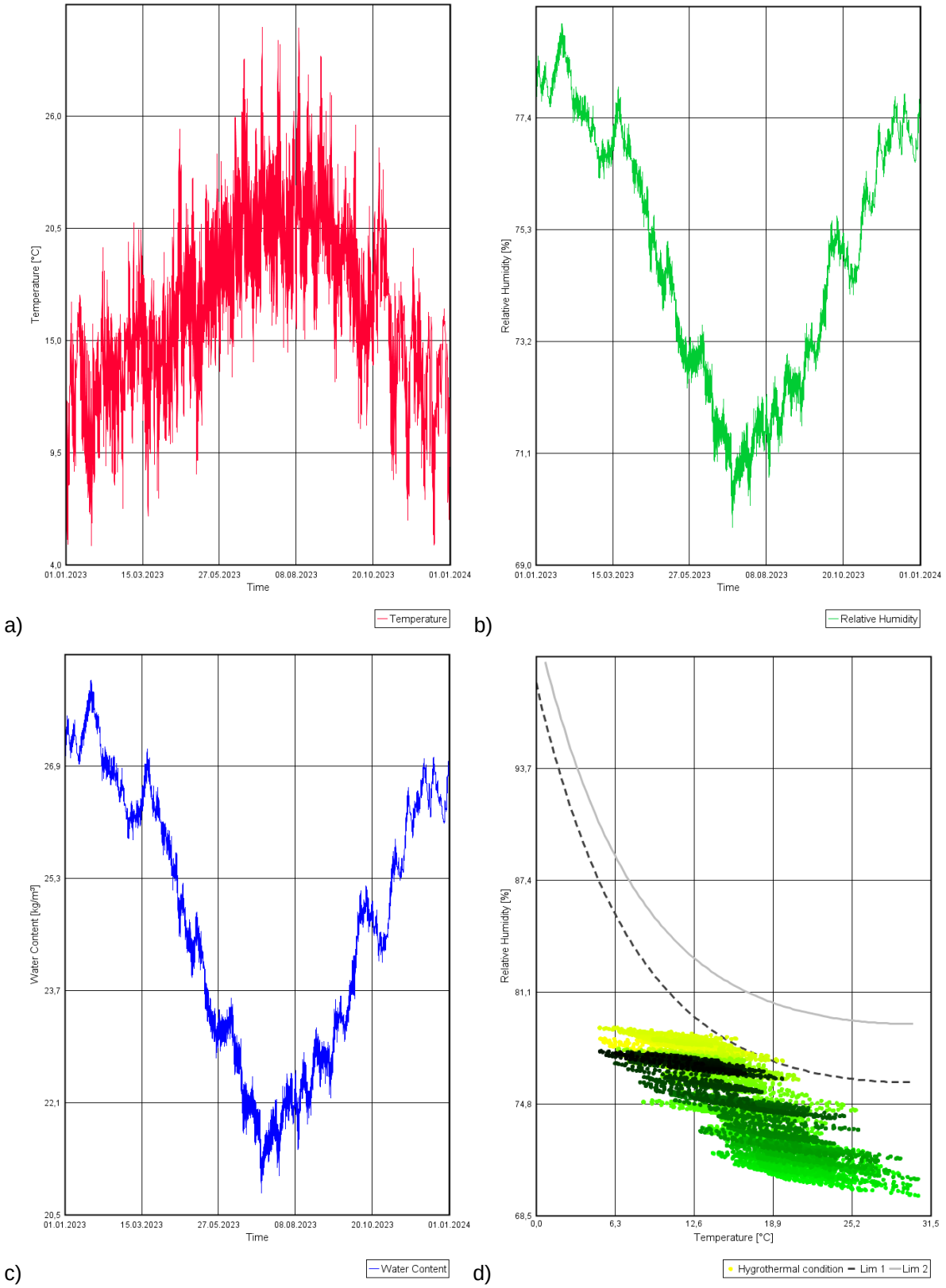


Figura 14: Resultados obtidos para a interface bilam/ICB através do modelo numérico do WUFI2D®: a) temperatura; b) humidade relativa; c) teor em água e d) risco de crescimento de fungos e bolores

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

Os resultados da Figura 14 mostram que não há risco de condensação na interface1 – bilam/ICB isto porque a humidade relativa máxima está abaixo dos 80%. Os resultados do risco de crescimento de fungos e bolores (gráfico d)) indicam que o risco, nesta interface, é praticamente nulo, pois apenas uma quantidade muito reduzida de pontos está acima do limite 1 (limite indicado para materiais biodegradáveis) não tendo significado.

Na Figura 15 mostram-se os resultados da temperatura, humidade relativa, teor em água e risco de crescimento de fungos e bolores para a interface 2 – ICB/criptoméria.

Os resultados da Figura 15 mostram que não há risco de condensação na interface 2 – ICB/criptoméria, pois a humidade relativa máxima está um pouco acima dos 70%. Os resultados do risco de crescimento de fungos e bolores (gráfico d)) indicam que não há risco de crescimento de fungos e bolores nesta interface, dado que os pontos do gráfico estão abaixo do limite critico.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

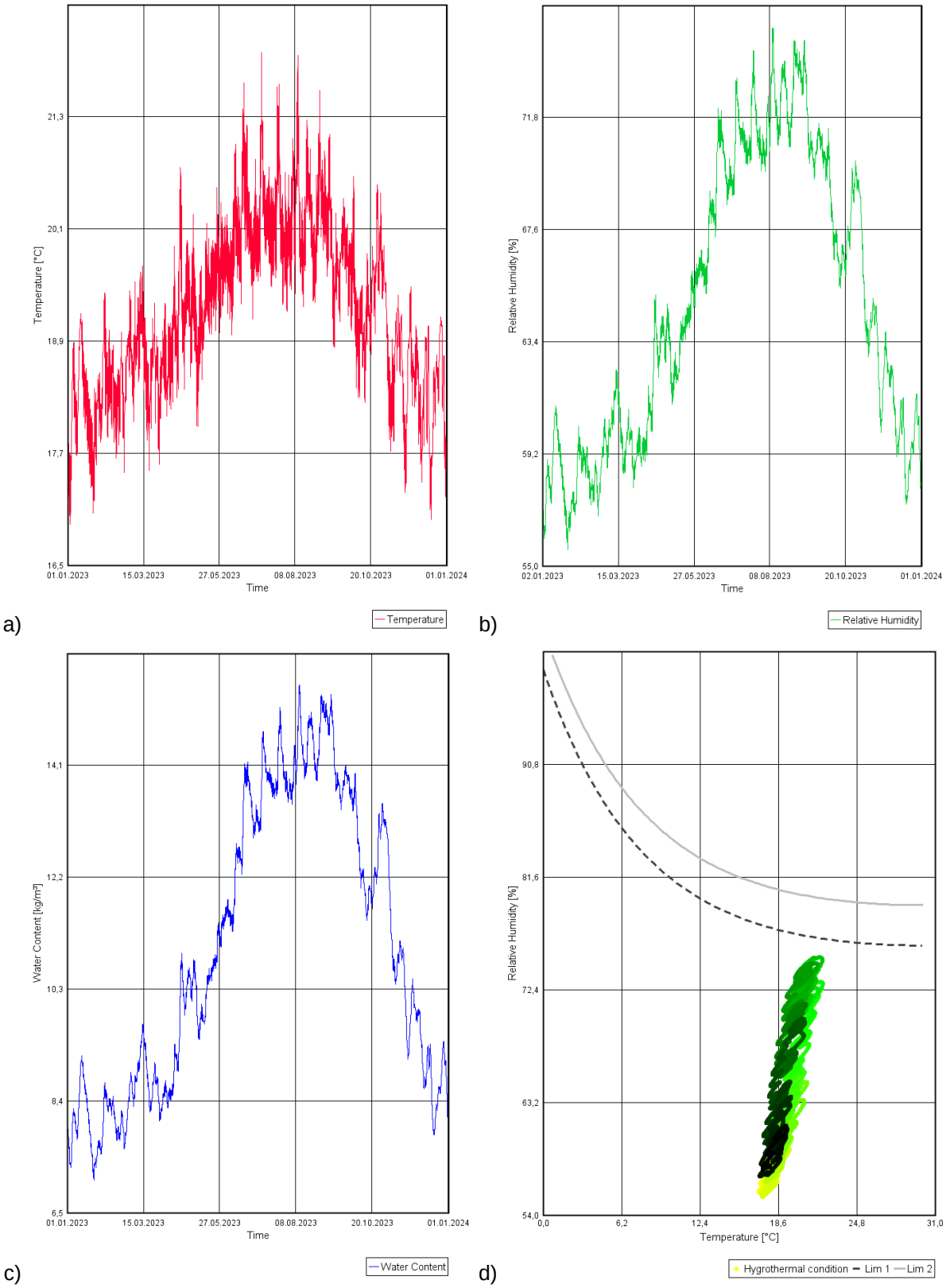


Figura 15: Resultados obtidos para a interface ICB/criptoméria através do modelo numérico do WUFI2D®: a) temperatura; b) humidade relativa; c) teor em água e d) risco de crescimento de fungos e bolores

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

Na Figura 16 apresentam-se os resultados da temperatura, humidade relativa, teor em água e risco de crescimento de fungos e bolores para a superfície interior.

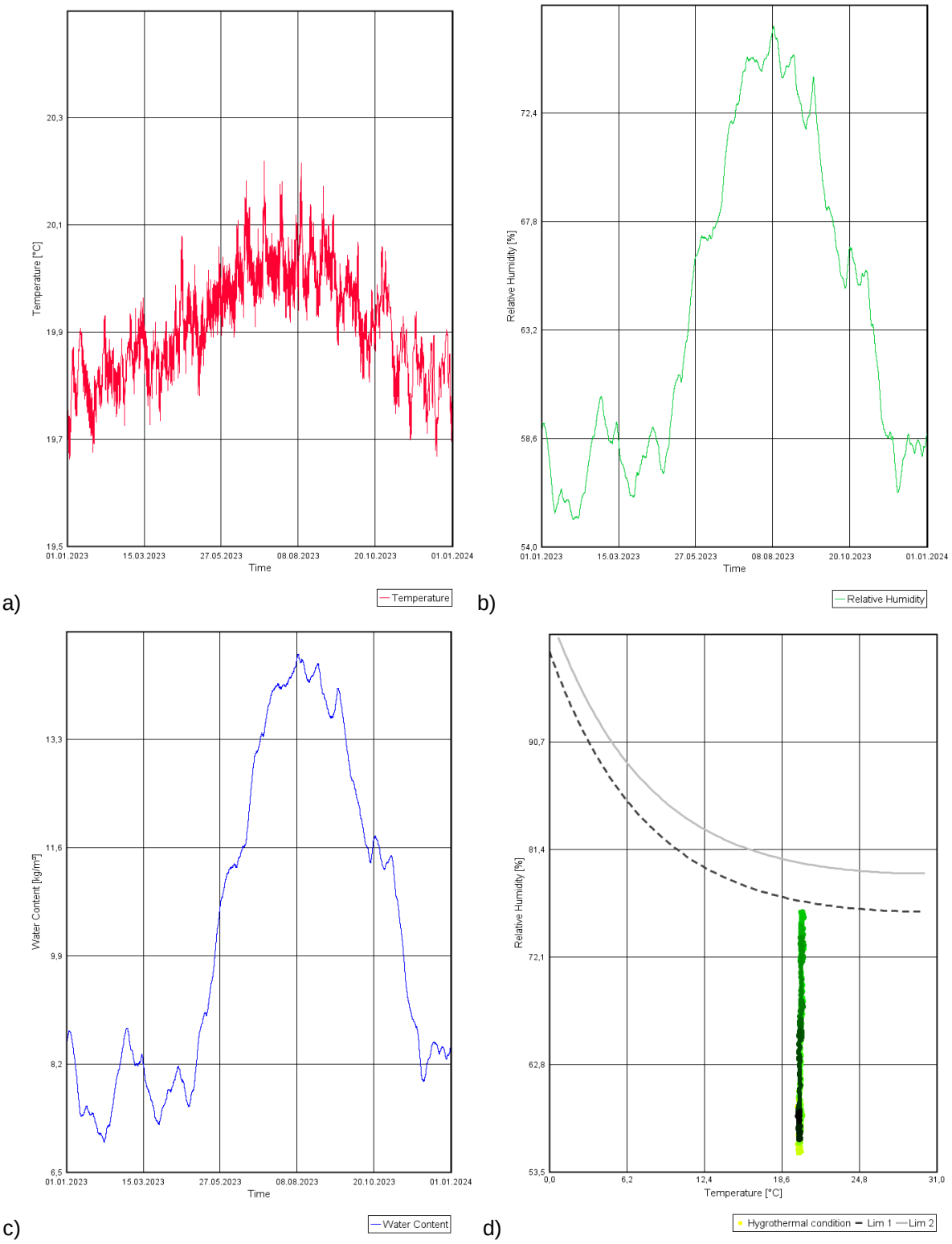


Figura 16: Resultados obtidos para a superfície interior através do modelo numérico do WUFI2D®: a) temperatura; b) humidade relativa; c) teor em água e d) risco de crescimento de fungos e bolores

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

Os resultados da Figura 16 mostram que não há risco de condensações superficiais internas dado que os valores de humidade relativa não são críticos, o valor máximo é da ordem dos 72%. Os resultados do risco de crescimento de fungos e bolores (gráfico d)) indicam que não existe risco de crescimento de bolores e fungos, os resultados mostram que todos os pontos estão abaixo do limite.

4.2.2 Estanquidade à água

A estanquidade à água do sistema ITS – "Naturlam W180 Bilam" foi determinada de acordo com os pressupostos da norma EN 1027 – *Windows and doors - Water tightness - Test method* e classificada segundo a norma EN 12208 – *Windows and doors - Watertightness - Classification*, como referido na secção 2.2.10.2 do EAD. Este ensaio foi realizado para um provete plano e para um provete em canto (ver Figura 17). Estes provetes também foram utilizados para a realização dos ensaios de permeabilidade ao ar (secção 4.4.2).

a) b)

Figura 17: Provete plano e provete em canto para os ensaios de estanquidade à água e permeabilidade ao ar

Relativamente aos resultados obtidos, o provete plano perdeu a estanquidade ao fim de 4 minutos no patamar de pressão de 450 Pa, enquanto que, o provete em canto perdeu a estanquidade ao fim de 3 minutos no patamar de pressão de 1350 Pa. Os resultados e classificação de acordo com a norma EN 12208 apresentam-se na Tabela 2.

Tabela 2: Estanquidade à água – classificação de acordo com a EN 12208.

PROVETE	LIMITE DE ESTANQUIDADE À ÁGUA	CLASSIFICAÇÃO FINAL
Plano	300 ± 18 Pa	Classe 7A
Canto	1200 ± 71 Pa	Classe E1200

4.2.3 Emissão e/ou libertação de substâncias perigosas

A emissão e/ou libertação de substâncias perigosas foi determinada de acordo com a norma EN 16516 – *Construction products: Assessment of release of dangerous substances - Determination of emissions*

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

into indoor air, como especificado na secção 2.2.12 do EAD. O objetivo deste ensaio foi determinar a emissão de compostos orgânicos voláteis (VOC) e compostos orgânicos semi-voláteis (SVOC) para o ar interior a partir do "Naturlam W180 Bilam".

O provete de ensaio tinha como dimensões 300 mm x 350 mm. De acordo com os requisitos das normas EN 16516 e ISO 16000-11 – *Indoor Air. Part 11: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing — Sampling, storage of samples and preparation of test specimens*, os provetes foram individualmente selados com papel de alumínio e mantidos afastados de potenciais fontes de emissão até ao início do ensaio. Adicionalmente, durante a realização do ensaio, foram mantidas seladas com papel de alumínio as faces do provete que, numa situação de utilização real, não estariam expostas ao ar interior.

Na fotografia da Figura 18 apresenta-se os provetes de ensaio no interior da câmara de emissão.

Figura 18: Registo fotográfico do provete de ensaio do "Naturlam W180 Bilam" no interior da câmara de emissão

A determinação de compostos orgânicos foi efetuada no ar amostrado após 3 e 28 dias de estágio do provete na câmara de emissão a 23ºC e 50%HR, com uma taxa de ventilação específica de 0.54 $m^3h^{-1}m^{-2}$.

Relativamente aos resultados, para cada composto pesquisado foi efetuada uma calibração analítica individual. Adicionalmente, de acordo com a norma EN 16516, foram consideradas as concentrações de todos os compostos eluídos entre o n-hexano (C6) e o n-hexadecano (C16) para o cálculo dos compostos orgânicos voláteis totais (TVOC) e entre o n-hexadecano (C16) e o n-docosano (C22) para o cálculo dos compostos semi-voláteis totais (TSVOC), tendo em consideração o fator de resposta do tolueno. Os resultados obtidos para os VOC, SVOC e aldeídos apresentam-se na Tabela 3.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

Tabela 3: Emissões de compostos orgânicos voláteis (VOC), semi-voláteis (SVOC) e aldeídos após 3 e 28 dias em câmara com taxa de ventilação especifica de 0.54 $m^3h^{-1}m^{-2}$

COMPOSTO	Nº CAS	CONCENTRAÇÃO APÓS 3 DIAS ($\mu g/m^3$)	CONCENTRAÇÃO APÓS 28 DIAS ($\mu g/m^3$)
1,1,2,2-Tetracloroetano	79-34-5	< 5	< 5
1,1,1-Tricloroetano	71-55-6	< 5	< 5
1,1,2-Tricloroetano	79-00-5	< 5	< 5
1,2,4-Triclorobenzeno	120-82-1	< 5	< 5
1,2,4-Trimetilbenzeno	95-63-6	< 5	< 5
1,2-Dibromoetano	106-93-4	< 5	< 5
1,2-Diclorobenzeno	95-50-1	< 5	< 5
1,2-Dicloroetano	107-66-2	< 5	< 5
1,2-Dicloropropano	78-87-5	< 5	< 5
1,3,5-Trimetilbenzeno	108-67-8	< 5	< 5
1,3-Diclorobenzeno	541-73-1	< 5	< 5
1,4-Diclorobenzeno	106-46-7	< 5	< 5
1,4-Dioxano	123-91-1	< 5	< 5
1-Etil-4-metil benzeno	622-96-8	< 5	< 5
2-Butoxietanol	111-76-2	< 5	< 5
Acetaldeído	75-07-0	< 3	< 3
Acetato de etilo	141-78-6	< 5	< 5
Bromodiclorometano	75-27-4	< 5	< 5
Bromofórmio	75-25-2	< 5	< 5
Butilacetato	123-86-4	< 5	< 5
Ciclohexano	110-82-7	< 5	< 5
Ciclohexanona	108-94-1	< 5	< 5
cis-1,2-Dicloroetileno	156-59-2	< 5	< 5
cis-1,3-Dicloropropeno	10061-01-5	< 5	< 5
Cloreto de benzilo	100-44-7	< 5	< 5

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

COMPOSTO	Nº CAS	CONCENTRAÇÃO APÓS 3 DIAS (µg/m³)	CONCENTRAÇÃO APÓS 28 DIAS (µg/m³)
Clorobenzeno	108-90-7	< 5	< 5
Clorofórmio	67-66-3	< 5	< 5
Dibromoclorometano	124-48-1	< 5	< 5
Estireno	100-42-5	< 5	< 5
Etilbenzeno	100-41-4	< 5	< 5
Fenol	108-95-	< 5	< 5
Formaldeído	50-00-0	23	6
Hexacloro-1,3-butadieno	87-68-3	< 5	< 5
Metil n-butil cetona	591-78-6	< 5	< 5
Metil iso-butil cetona (MIBK)	108-10-1	< 5	< 5
m-Xileno	108-38-3	< 5	< 5
n-Heptano	142-82-5	< 5	< 5
n-Hexadecano	544-76-3	< 5	< 5
n-Hexano	110-54-3	< 5	< 5
o-Xileno	95-47-6	< 5	< 5
p-Xileno	106-42-3	< 5	< 5
Tetracloreto de carbono	56-23-5	< 5	< 5
Tetracloroetileno	127-18-4	< 5	< 5
Tetrahidrofurano	109-99-9	< 5	< 5
Tolueno	108-88-3	< 5	< 5
trans-1,3-Dicloropropeno	10061-02-6	< 5	< 5
TVOC	---	1352	258
TSVOC	---	< 5	< 5

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

Na Tabela 4 apresentam-se os resultados obtidos para os CRM.

Tabela 4: Emissões de substâncias carcinogénicas, mutagénicas e reprotóxicas (CRM) após 3 e 28 dias em câmara com taxa de ventilação especifica de 0.54 $m^3h^{-1}m^{-2}$

COMPOSTO	Nº CAS	CONCENTRAÇÃO APÓS 3 DIAS (µg/m³)	CONCENTRAÇÃO APÓS 28 DIAS (µg/m³)
Benzeno	71-43-2	<1	<1
Tricloroetileno	79-01-6	<1	<1
Bis (2-etilhexil) ftalato	117-81-7	<1	<1
Dibutilftalato	84-74-2	<1	<1

Os resultados obtidos permitem concluir que a amostra de “Naturlam W180 Bilam” é responsável por baixas emissões de compostos orgânicos voláteis.

4.3 - Proteção Contra o Ruído

A avaliação da Proteção Contra o Ruído do sistema ITS contemplou a determinação do isolamento sonoro a sons de condução aérea do “Naturlam W180 Bilam” e do “Pavimento ISOL Lã Mineral “e a determinação do isolamento sonoro a sons de condução por percussão do Pavimento ISOL Lã Mineral.

4.3.1 Isolamento sonoro a sons de condução aérea

A determinação do isolamento sonoro a sons de condução aérea do “Naturlam W180 Bilam” e do “Pavimento ISOL Lã Mineral” foi realizada de acordo com a norma EN ISO 10140-2 – *Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of buildings elements. Part 2: Measurement of airborne sound insulation*, sendo o índice de isolamento sonoro determinado segundo a norma ISO 717-1 – *Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation*, como se refere na secção 2.2.14 do EAD.

O provete de ensaio do “Naturlam W180 Bilam” era composto por parede opaca (sem aberturas), com espessura nominal de 180 mm e dimensões exteriores de 3140 mm x 3140 mm. Toda a periferia do provete de ensaio foi calafetada com lã mineral e mástique de silicone em ambas as faces. A abertura de ensaio entre as câmaras acústicas, onde foi instalado o provete, apresenta dimensões de 3.16 x 3.16 m^2, a que corresponde uma área de aproximadamente 10 m^2. Nas imagens da Figura 19 é possível observar o provete de ensaio de forma geral e os detalhes referidos.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

Figura 19: a) Câmara emissora; b) Câmara recetora; c), d), e) e f) Detalhes do provete de ensaio

O provete de ensaio do "Pavimento ISOL Lã Mineral" era composto por pavimento (sem aberturas), com espessura nominal de 300 mm (laje de piso com 210 mm, lã mineral com 45 mm, ripas de madeira com 25 mm e soalho com 20 mm) e dimensões exteriores de 3540 mm x 3540 mm. Toda a periferia do provete de ensaio foi calafetada com lã mineral. Para isolamento periférico do provete de ensaio foi utilizada areia. A abertura de ensaio entre as câmaras acústicas, onde foi instalado o provete, apresenta dimensões de 3.16 x 3.16 m^2, a que corresponde uma área de aproximadamente 10 m^2. Nas imagens da Figura 20 é possível observar o provete de ensaio de forma geral e os detalhes referidos. De referir que este provete de ensaio também foi utilizado para a realização do ensaio de isolamento aos sons de percussão.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

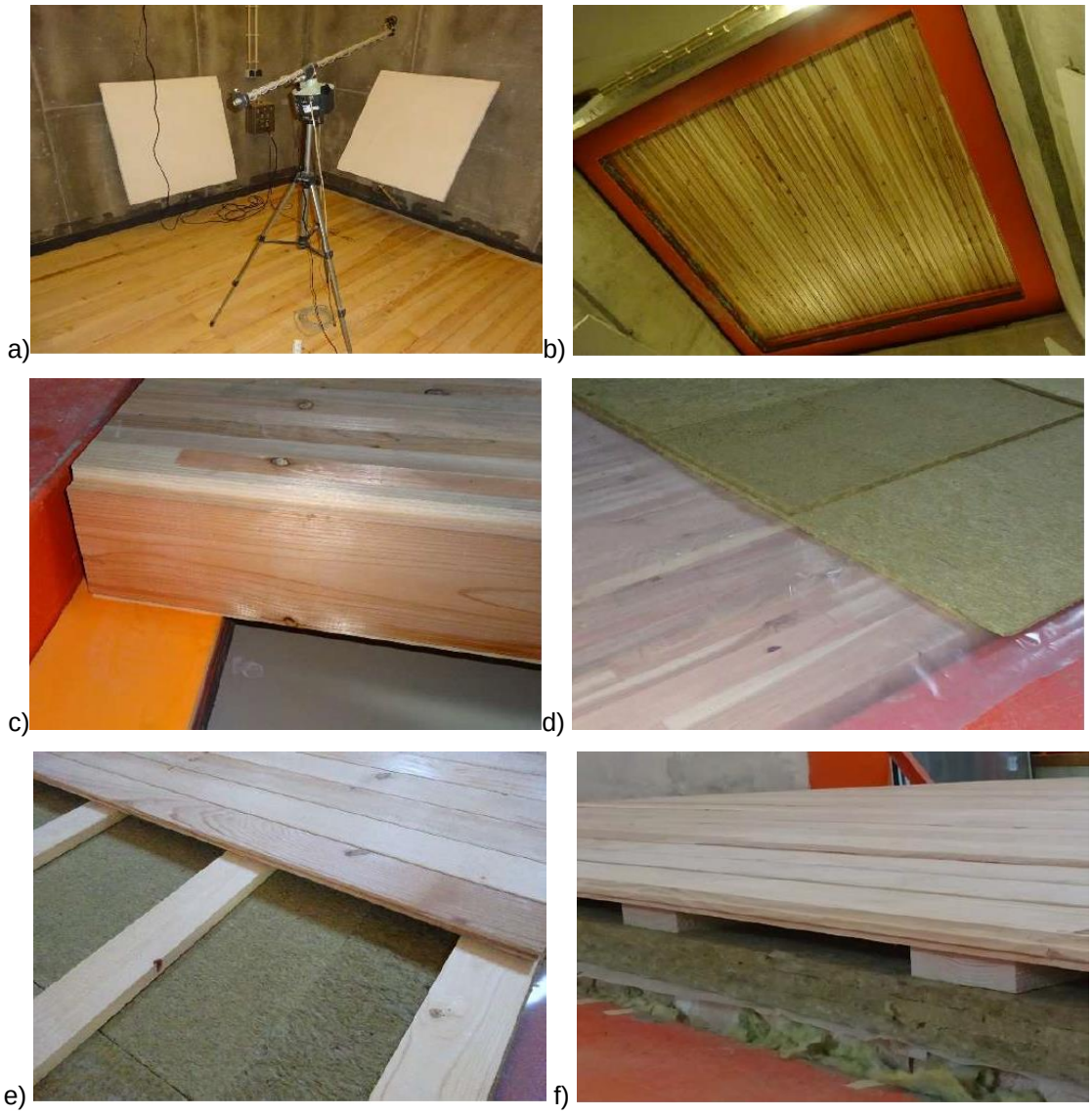


Figura 20: a) Câmara emissora; b) Câmara recetora; c), d), e) e f) Detalhes do provete de ensaio

Os resultados obtidos para o indice de isolamento sonoro a sons de condução aérea apresentam-se na Tabela 5.

Tabela 5: Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea.

PROVETE	ÍNDICE DE ISOLAMENTO SONORO A SONS DE CONDUÇÃO AÉREA - R_W
“Naturlam W180 Bilam”	31 dB
“Pavimento ISOL Lã Mineral”	53 dB

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

4.3.2 Isolamento sonoro a sons de condução por percussão

A determinação do isolamento sonoro a sons de percussão do "Pavimento ISOL Lã Mineral" realizou-se de acordo com a norma EN ISO 10140-3 – *Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of buildings elements. Part 3: Measurement of impact sound insulation*, sendo o índice de isolamento sonoro determinado segundo a norma ISO 717-2 – *Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2: Impact sound insulation*, como definido na secção 2.2.15 do EAD.

O provete de ensaio do "Pavimento ISOL Lã Mineral", como se referiu, foi o mesmo que o utilizado para os ensaios de isolamento a sons de condução aérea (ver Figura 20).

Os resultados obtidos para o indice de isolamento sonoro a sons de percussão apresentam-se na Tabela 6.

Tabela 6: Índice de isolamento sonoro a sons de percussão.

PROVETE	ÍNDICE DE ISOLAMENTO SONORO A SONS DE PERCUSSÃO - $L_{n,w}$
Pavimento ISOL Lã Mineral	59 dB

4.4 - Economia de Energia e Isolamento

A avaliação da Economia de Energia e Isolamento do sistema ITS contemplou os ensaios de determinação da resistência térmica e de determinação da permeabilidade ao ar

4.4.1 Resistência térmica

A determinação da resistência térmica dos painéis "Naturlam W180 Bilam", "Pavimento ISOL Lã Mineral" e "Naturlam R230 ISOL160" realizou-se de acordo com as normas e ISO 6946 – *Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method* e ISO 10211 – *Thermal bridges in building construction - Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations*, de acordo com o referido na secção 2.2.17 do EAD. Para estes cálculos utilizou-se software Bisco®, da Physibel.

4.4.1.1 Valores de cálculo dos coeficientes de condutibilidade térmica dos materiais

Os valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica utilizados apresentam-se na Tabela 7. Os valores considerados foram obtidos através da norma ISO 10456 – *Building materials and products - Hygrothermal properties - Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values*, ou através de ensaio segundo EN 12664 - *Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat*

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

flow meter methods. Dry and moist products of medium and low thermal resistance ou através das declarações de desempenho dos materiais.

Tabela 7: Valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica dos materiais

MATERIAL	CONDUTIBILIDADE TÉRMICA – λ [W/m.ºC)	MÉTODO DE DETERMINAÇÃO
Criptoméria japónica	0.090	EN 12664
Elementos LVL	0.12	ISO 10456
Placa OSB	0.12	ISO 10456
Placa MUF	0.14	DoP do fabricante
Lã Mineral	0.034	DoP do fabricante
ICB	0.039	DoP do fabricante
Fibra de Madeira	0.036	DoP do fabricante
Espuma de poliuretano (PU)	0.035	DoP do fabricante
"ripa-telha", "barrote", "régua cobre-junta", "soalho" e "ripa"	0.13	ISO 10456

4.4.1.2 Resistências térmicas superficiais

Relativamente aos valores de cálculo das resistências térmicas superficiais, utilizaram-se os valores indicados na secção 6.8 da norma ISO 6946, sendo os seguintes:

- Parede: R_{si} = 0,13 m^2.ºC/W e R_{se} = 0,04 m^2.ºC/W (fluxo horizontal).
- Pavimento: R_{si} = R_{se} = 0,10 m^2.ºC/W (sentido ascendente) e R_{si} = R_{se} = 0,17 m^2.ºC/W (sentido descendente);
- Cobertura: R_{si} = 0,10 m^2.ºC/W (sentido ascendente) e R_{se} = 0,04 m^2.ºC/W (sentido ascendente).

4.4.1.3 Naturlam W180 Bilam

Apresentam-se, nesta secção, a resistência térmica do painel "NATURLAM W180 Bilam" e a resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica de parede composta por painéis "NATURLAM W180 Bilam", para uma temperatura média igual a 10 ºC e em equilíbrio com ambiente a (23 ± 2) ºC, (50 ± 5) %HR.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

Os valores da resistência térmica e do coeficiente de transmissão térmica foram determinados de acordo com a norma ISO 6946, por aplicação de um modelo de cálculo numérico bidimensional de acordo com a norma ISO 10211. Para o efeito, utilizou-se o software Bisco®, da Physibel.

Determinou-se a resistência térmica do painel "NATURLAM W180 Bilam" sem considerar as resistências térmicas superficiais, que foi igual a Rpainel = 2,58 m2.ºC/W.

Na determinação dos valores de cálculo da resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica de paredes composta por painéis "NATURLAM W180 Bilam", foram consideradas condições externas e internas específicas que podem ser consideradas como típicas do desempenho da parede quando incorporada numa solução construtiva, em condições em equilíbrio com o ar à temperatura de 23 ºC e humidade relativa de 50 %.

Os valores do coeficiente de transmissão térmica e resistência térmica global da parede são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Valores de cálculo da resistência e coeficiente de transmissão térmica globais de parede composta por painéis "Naturlam W180 Bilam" (entre ambiente interior e exterior)

TIPOLOGIA DA PAREDE	R_{tot} m².ºC/W	U W/(m².ºC)
"Naturlam W180"	2.75	0.36

Na Figura 21 apresenta-se a distribuição bidimensional de temperaturas no elemento estudado considerando um fluxo de calor com direção perpendicular à face da parede, obtida por cálculo numérico, resolvido pelo método dos elementos finitos.

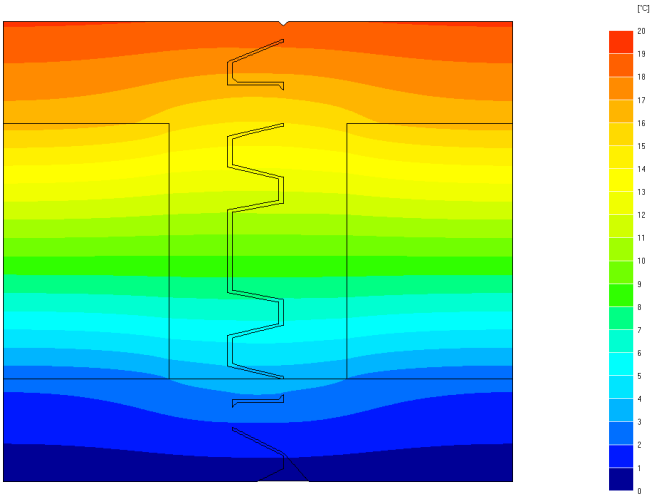


Figura 21: Distribuição bidimensional de temperaturas em paredes com painel "NATURLAM W180 Bilam"

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

4.4.1.4 Pavimento ISOL Lã Mineral

Apresentam-se, nesta secção, a resistência térmica dos painéis “Pavimento ISOL Lã Mineral” e a resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica de pavimento composto por painéis “Pavimento ISOL Lã Mineral”, para uma temperatura média igual a 10 ºC e em equilíbrio com ambiente a (23 ± 2) ºC, (50 ± 5) %HR.

Os valores da resistência térmica e do coeficiente de transmissão térmica foram determinados de acordo com a norma ISO 6946:2017, por aplicação de um modelo de cálculo numérico bidimensional de acordo com a norma ISO 10211:2017. Para o efeito, utilizou-se o software Bisco, da Physibel.

Determinou-se a resistência térmica dos painéis “Pavimento ISOL Lã Mineral” sem considerar as resistências térmicas superficiais, que foi igual a **R_{painel} = 2,31 m2.ºC/W**.

Na determinação dos valores de cálculo da resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica de pavimento composto por painéis “Pavimento ISOL Lã Mineral”, foram consideradas condições externas e internas específicas que podem ser consideradas como típicas do desempenho do pavimento quando incorporada numa solução construtiva, em condições em equilíbrio com o ar à temperatura de 23 ºC e humidade relativa de 50 %.

Os valores do coeficiente de transmissão térmica e resistência térmica global do pavimento são apresentados na Tabela 9.

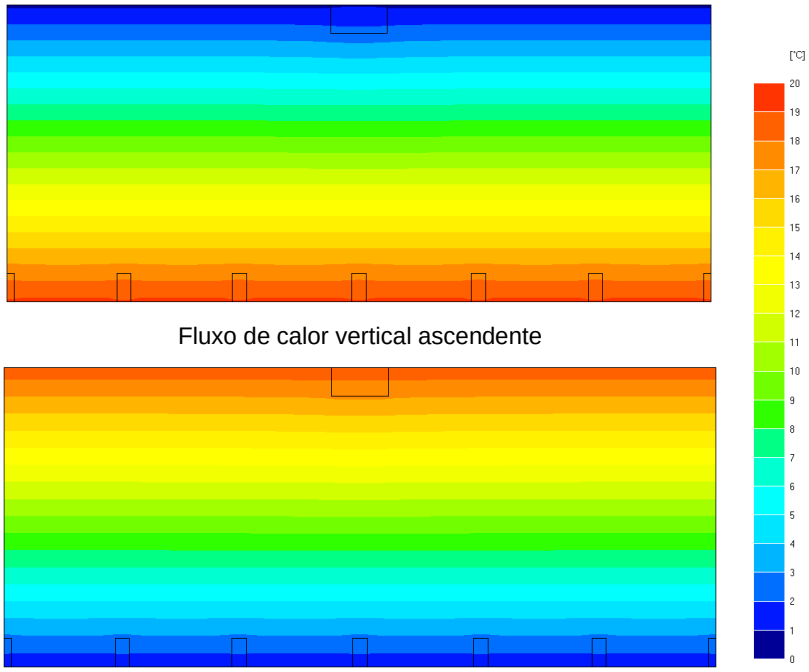
Tabela 9: Valores de cálculo da resistência e coeficiente de transmissão térmica globais de pavimento composto por painéis “Pavimento ISOL Lã Mineral”

SENTIDO DO FLUXO DE CALOR	R_{tot} m².ºC/W	U W/(m².ºC)
Vertical ascendente	4.15	0.24
Vertical descendente	4.32	0.23

Na Figura 22 e na Figura 23 apresenta-se a distribuição bidimensional de temperaturas nos elementos analisados considerando um fluxo de calor com direção perpendicular à face do elemento, obtida por cálculo numérico, resolvido pelo método dos elementos finitos do “Pavimento ISOL Lã Mineral”.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

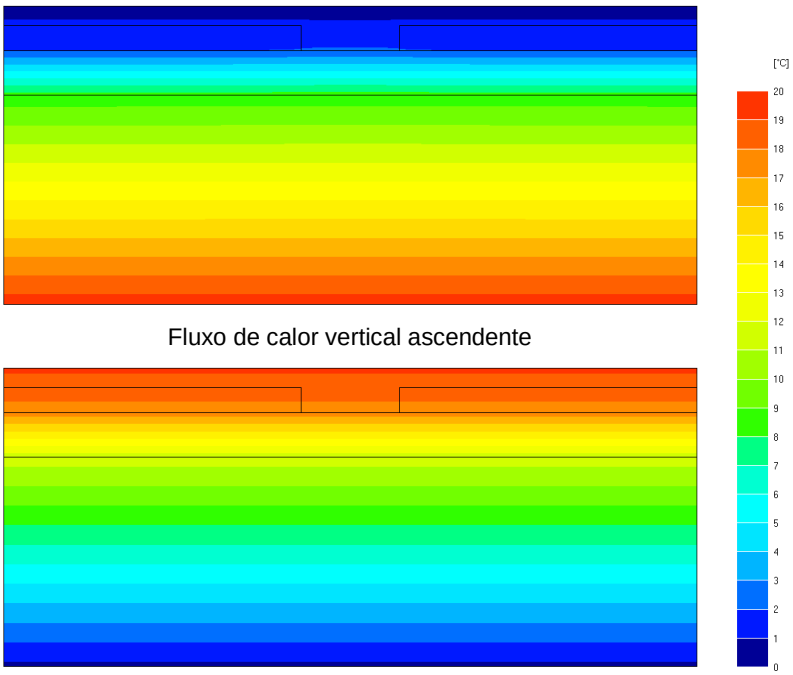
INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt



Fluxo de calor vertical ascendente

Fluxo de calor vertical descendente

Figura 22: Distribuição bidimensional de temperaturas em painéis "Pavimento ISOL Lã Mineral"



Fluxo de calor vertical ascendente

Fluxo de calor vertical descendente

Figura 23: Distribuição bidimensional de temperaturas no "Pavimento ISOL Lã Mineral"

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

4.4.1.5 Cobertura Naturlam R230 ISOL160

Apresentam-se, nesta secção, a resistência térmica dos painéis “NATURLAM R230 ISOL160” e a resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica de cobertura composta por painéis “NATURLAM R230 ISOL160” e telhado apoiado em “ripa-telha”, para uma temperatura média igual a 10 ºC e em equilíbrio com ambiente a (23 ± 2) ºC, (50 ± 5) %HR.

Os valores da resistência térmica e do coeficiente de transmissão térmica foram determinados de acordo com a norma ISO 6946:2017, por aplicação de um modelo de cálculo numérico bidimensional de acordo com a norma ISO 10211:2017. Para o efeito, utilizou-se o software Bisco, da Physibel.

Foram determinadas as resistências térmicas dos painéis “NATURLAM R230 ISOL160” sem considerar as resistências térmicas superficiais e a resistência térmica do telhado.

Na Tabela 10 são apresentados os valores de cálculo da resistência térmica dos painéis “NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em OSB e na Tabela 11 são apresentados os valores de cálculo da resistência térmica dos painéis “NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em MUF.

Tabela 10: Valores de cálculo da resistência térmica dos painéis “NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em OSB (sem resistências térmicas superficiais e resistência térmica do telhado)

TIPOLOGIA DE COBERTURA	R_{painel} m².ºC/W
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em OSB e c/ isolamento em MW	4.29
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em OSB e c/ isolamento em WF	4.18
“NATURLAM R230 ISOL 160” c/ face exterior em OSB e c/ isolamento em ICB	4.03

Tabela 11: Valores de cálculo da resistência térmica dos painéis “NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em MUF (sem resistências térmicas superficiais e resistência térmica do telhado)

TIPOLOGIA DE COBERTURA	R_{painel} m².ºC/W
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em MUF e c/ isolamento em MW	4.27
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em MUF e c/ isolamento em WF	4.16
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em MUF e c/ isolamento em ICB	4.01

Na determinação dos valores de cálculo da resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica de cobertura composta por painéis “NATURLAM R230 ISOL160”, foram consideradas condições externas e internas específicas que podem ser consideradas como típicas do desempenho da cobertura quando

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

incorporada numa solução construtiva, em condições em equilíbrio com o ar à temperatura de 23 ºC e humidade relativa de 50 %.

Na Tabela 12 são apresentados valores do coeficiente de transmissão térmica e resistência térmica global de cobertura com painéis “NATURLAM R230” c/ face exterior em OSB e na Tabela 13 são valores do coeficiente de transmissão térmica e resistência térmica global de cobertura com painéis “NATURLAM R230” c/ face exterior em MUF.

Tabela 12: Valores de cálculo da resistência e coeficiente de transmissão térmica globais de cobertura composta por painéis “NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em OSB (entre ambiente interior e exterior).

TIPOLOGIA DE COBERTURA	R_{painel} m².ºC/W	U W/(m².ºC)
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em OSB e c/ isolamento em MW	4.63	0.22
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em OSB e c/ isolamento em WF	4.52	0.22
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em OSB e c/ isolamento em ICB	4.37	0.23

Tabela 13: Valores de cálculo da resistência e coeficiente de transmissão térmica globais de cobertura composta por painéis “NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em MUF (entre ambiente interior e exterior).

TIPOLOGIA DE COBERTURA	R_{painel} m².ºC/W	U W/(m².ºC)
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em MUF e c/ isolamento em MW	4.61	0.22
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em MUF e c/ isolamento em WF	4.50	0.22
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em MUF e c/ isolamento em ICB	4.35	0.23

Na Figura 24 apresenta-se a distribuição bidimensional de temperaturas nos elementos analisados considerando um fluxo de calor com direção perpendicular à face da cobertura, obtida por cálculo numérico, resolvido pelo método dos elementos finitos.

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

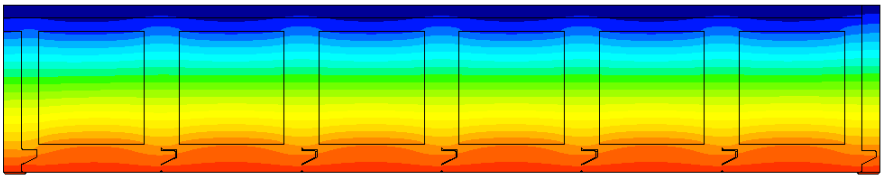
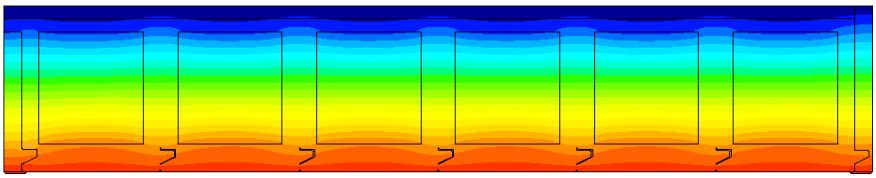
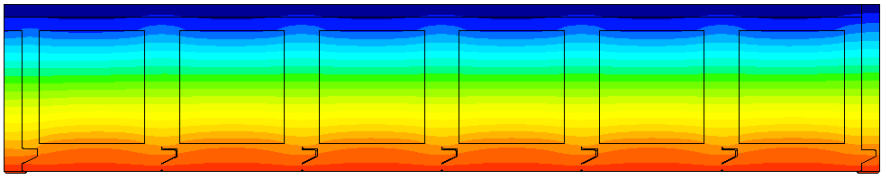
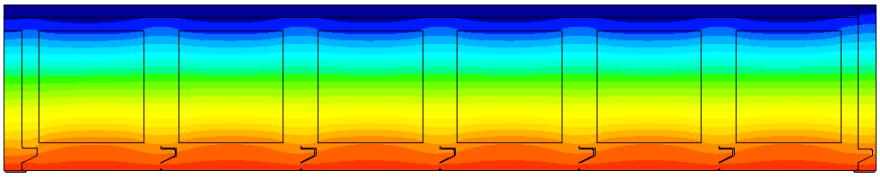
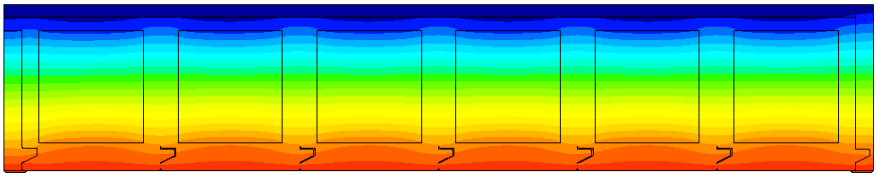
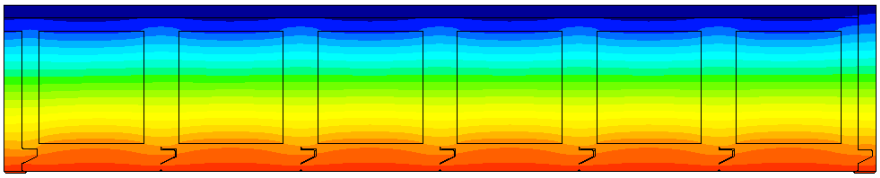
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em OSB e c/ isolamento em MW		
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em OSB e c/ isolamento em WF		
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em OSB e c/ isolamento em ICB		
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em MUF e c/ isolamento em MW		
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em MUF e c/ isolamento em WF		
“NATURLAM R230 ISOL160” c/ face exterior em MUF e c/ isolamento em ICB		

Figura 24: Distribuição bidimensional de temperaturas em painéis “NATURLAM R230 ISOL 160”

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

4.4.2 Permeabilidade ao ar

A permeabilidade ao ar do “Naturlam W180 Bilam” foi determinada de acordo com a norma EN 1026 – *Windows and doors - Air permeability - Test method* e classificou-se segundo a norma EN 12207 – *Windows and doors - Air permeability - Classification*, como definido na secção 2.2.18.1 do EAD. Foi ensaiado um provete plano e um provete em canto (ver Figura 17).

Os resultados obtidos apresentam-se nos gráficos da Figura 25.

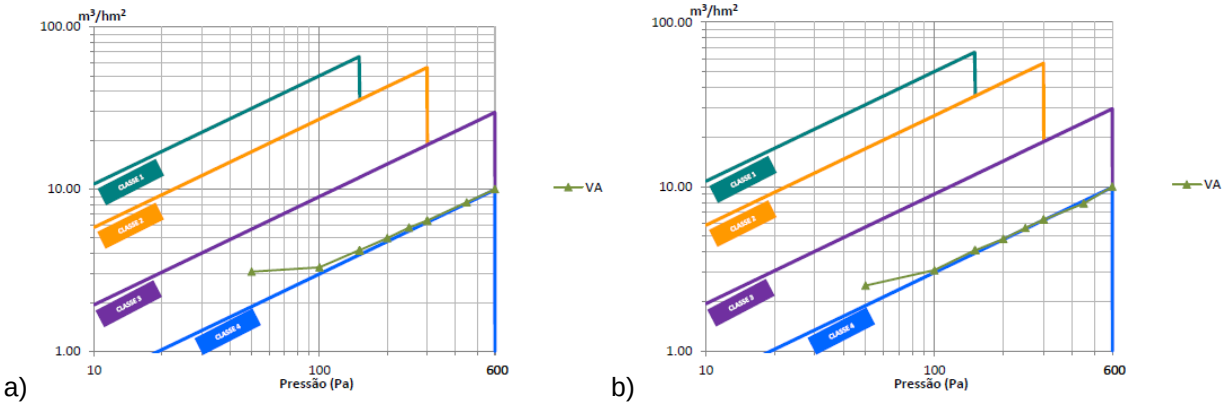


Figura 25: Resultados de permeabilidade ao ar, classificação segundo a norma EN 12207: a) Provete plano e b) Provete em canto

A classe obtida para os provetes segundo a norma EN 12207 apresenta-se na Tabela 14.

Tabela 14: Classificação dos provetes segundo a norma EN 12207

PROVETE	CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A NORMA EN 12207
Plano	Classe 3
Em canto	Classe 3

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt

5 - Considerações finais

O presente relatório descreve e apresenta, de forma resumida, os resultados de ensaio e de cálculo adotados pelo Itecons, enquanto TAB, para a emissão de uma Avaliação Técnica Europeia (ETA) para o sistema ITS, fabricado pela Rusticasa, de acordo com o Documento de Avaliação Europeu EAD 340308-00-0203. Até à presente data todos os ensaios e cálculos previstos foram realizados, com exceção do ensaio de determinação da resistência à compressão de paredes em tronco. Este ensaio será realizado num futuro próximo, ficando assim concluída a campanha experimental e passando-se à fase seguinte que será a finalização da redação da ETA e consequente submissão a aprovação e emissão.

Coimbra, 28 de Maio de 2021

Autoria técnica	A Direção
Rui Jerónimo Técnico Superior	
Andreia Gil Técnica Superior	Documento validado

O presente relatório não pode ser reproduzido, exceto na íntegra, sem o acordo escrito do Itecons.

INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PARA A **CONSTRUÇÃO, ENERGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE**
Rua Pedro Hispano, s/n
3030-289 Coimbra
Tel: (+351) 239 79 89 49
www.itecons.uc.pt
itecons@itecons.uc.pt