

CONDENSAÇÕES INTERNAS

Critérios de Aceitabilidade

MARIA JOÃO DA SILVA CATUMBA

Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas

JULHO DE 2009

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miiec@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

🌐 <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 - 2008/2009 - 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.

RESUMO

A humidade nos elementos de construção constitui uma das principais causas das patologias nos edifícios contribuindo para a aceleração da degradação dos materiais que os constituem afectando o seu desempenho.

Com este trabalho pretende-se definir um conjunto de regras qualitativas e quantitativas para a concepção e execução adequada dos elementos construtivos face ao fenómeno de difusão de vapor de água e ao das condensações internas.

Apresenta-se o método de Glaser e a norma EN ISO 13788, importantes para o estudo e avaliação do risco de ocorrência de condensações internas em elementos construtivos.

Com o objectivo de minimizar e evitar os riscos de condensações internas foi elaborado um catálogo de regras de concepção para diferentes elementos construtivos, nomeadamente paredes, pavimentos e coberturas.

O programa de cálculo automático *Condensa 13788* seguindo o método de cálculo preconizado de acordo com a norma EN ISO 13788 permitiu simular e estudar diferentes soluções construtivas obedecendo às regras estabelecidas, possibilitando validar as opções do catálogo.

PALAVRAS-CHAVE: Difusão de vapor, Condensações internas, Método Glaser, EN ISO 13788, Regras de concepção.

ABSTRACT

Dampness in constructive elements is one of the main causes of pathologies in buildings, by accelerating the degradation of materials used, affecting, thus, their performance.

This work aims at being defended a set of qualitative and quantitative rules for appropriate design and execution of constructive elements, against the phenomenon of water vapour diffusion and interstitial condensations.

We show Glaser method and EN ISO 13788, important to study and evaluate the risk of interstitial condensations in constructive elements.

To minimize and avoid the risk of interstitial condensation was then elaborated a catalogue of design principles for different elements such as walls, floors and roofs.

The automatic calculation program, *Condensa 13788*, following the calculation method recommended in accordance with EN ISO 13788, allows simulate and study different constructive solutions, according to the set rules, to validate the functionality of the catalogue.

KEYWORDS: Vapour diffusion, Interstitial condensations, Glaser method, EN ISO 13788, Design principles.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	i
ABSTRACT	iii
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2. INTERESSES E OBJECTIVOS DO TRABALHO	1
1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	1
 2. DIFUSÃO DE VAPOR	 3
2.1. PSICROMETRIA.....	3
2.1.1. HUMIDADE ABSOLUTA E RELATIVA DO AR.....	3
2.1.2. DIAGRAMA PSICROMÉTRICO	4
2.2. VAPOR DE ÁGUA NO INTERIOR DOS EDIFÍCIOS.....	6
2.2.1. ORIGEM E FONTES DE PRODUÇÃO DE VAPOR	6
2.2.2. VENTILAÇÃO DOS ESPAÇOS	7
2.2.3. HIGROMETRIA.....	7
2.2.4. CRITÉRIOS DE CONCEPÇÃO DOS EDIFÍCIOS FACE À DIFUSÃO DE VAPOR	9
2.3. TRANSFERÊNCIA DE VAPOR DE ÁGUA EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.....	10
2.3.1. PROPRIEDADES HIGROTÉRMICAS.....	10
2.3.2. FACTORES QUE INFLUENCIAM A PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA DOS MATERIAIS.....	11
2.3.2.4. Humidade Relativa	11
2.3.2.5. Temperatura.....	11
2.3.3. CONTROLO DAS CONDENSAÇÕES INTERNAS	12
2.4. CLIMA EXTERIOR	12
2.4.1. TEMPERATURA EXTERIOR	12
2.4.2. HUMIDADE EXTERIOR	13
 3. CONDENSAÇÕES INTERNAS	 15
3.1. FACTORES QUE CONDICIONAM AS CONDENSAÇÕES INTERNAS	15
3.2. QUANTIFICAÇÃO DE CONDENSAÇÕES INTERNAS	16
3.2.1. MÉTODO DE GLASER	16

3.2.1.1. Generalidades.....	16
3.2.1.2. Condições de aplicação.....	16
3.2.1.3. Cálculo	17
3.3.2 NORMA EN ISO 13788	20
3.2.2.1. Geral	20
3.2.2.2. Princípio	20
3.2.2.3. Critério	23
3.3. PROGRAMAS DE CÁLCULO	23
3.3.1. PROGRAMAS DE CÁLCULO EXISTENTES.....	23
3.3.2. DADOS NECESSÁRIOS PARA A UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA CONDENSE 13788	23

4. REGRAS DE CONCEPÇÃO DE ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO

4.1. INTRODUÇÃO	25
4.2. ESTRUTURA DO CATÁLOGO DE REGRAS DE CONCEPÇÃO DE ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO ..	25
4.3. CATÁLOGO DE REGRAS DE CONCEPÇÃO DE ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO	26

5. VALIDAÇÃO DO CATÁLOGO DE REGRAS DE CONCEPÇÃO DE ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO

5.1. ESTRUTURA DE INFORMAÇÃO PRODUZIDA	61
5.2. PAREDES	62
5.2.1. FICHA 01.1 - PAREDES DUPLAS.....	62
5.2.1.1. Resultados	63
5.2.1.2. Análise crítica dos resultados	64
5.2.2. FICHA 01.2 - PAREDES COM ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR E REVESTIMENTO POR PLACAGEM	65
5.2.2.1. Resultados	65
5.2.2.2. Análise crítica dos resultados	66
5.2.3. FICHA 01.3 - PAREDES COM ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR E REVESTIMENTO DELGADO	66
5.2.3.1. Resultados	66
5.2.3.2. Análise crítica dos resultados	67
5.2.4. FICHA 01.4 - PAREDES COM ISOLAMENTO TÉRMICO PELO INTERIOR	67
5.2.4.1. Resultados	68

5.2.4.2. Análise crítica dos resultados.....	68
5.3. COBERTURAS	69
5.3.1. FICHA 02.1 - COBERTURAS EM TERRAÇO.....	69
5.3.1.1. Resultados.....	69
5.3.1.2. Análise crítica dos resultados.....	71
5.3.2. FICHA 02.2 - COBERTURAS EM DESVÃO VENTILADO.....	72
5.3.2.1. Resultados.....	72
5.3.2.2. Análise crítica dos resultados.....	73
5.3.3. FICHA 02.3 - COBERTURAS INCLINADAS.....	73
5.3.3.1. Resultados.....	73
5.3.3.2. Análise crítica dos resultados.....	75
5.4. PAVIMENTOS	75
5.4.1. FICHA 03.1 - PAVIMENTOS EXTERIORES ELEVADOS.....	75
5.4.1.1. Resultados.....	75
5.4.1.2. Análise crítica dos resultados.....	79
5.4.2. FICHA 03.2 - PAVIMENTOS TÉRREOS	80
5.4.2.1. Resultados.....	80
5.4.2.2. Análise crítica dos resultados.....	80
5.4.3. FICHA 03.3 - PAVIMENTOS SOBRE DESVÃO SANITÁRIO	81
5.4.3.1. Resultados.....	81
5.4.3.2. Análise crítica dos resultados.....	82
 6. CONCLUSÕES	 83
6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
6.2. SÍNTESE CRÍTICA DOS RESULTADOS.....	83
6.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS DA INVESTIGAÇÃO NESTE DOMÍNIO.....	84
 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 85
 ANEXO – Simulações – Programa CONDENSE 13788	 1

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1 – Diagrama psicrométrico	5
Fig.2.2 - Variação das classes de higrometria em função da temperatura exterior média mensal de acordo com EN ISO 13788.....	9
Fig.2.3 – Princípio de variação do coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (δ) em função da humidade relativa (HR)	11
Fig.3.1 – Importância das propriedades e posicionamento das camadas nas condensações internas	15
Fig.3.2 – Representação gráfica do método de GLASER.....	18
Fig.3.3 – Determinação da zona de ocorrência de condensações no interior de uma parede (método de GLASER)	19
Fig.3.4 – Evaporação numa interface do elemento construtivo	21
Fig.3.5 – Evaporação numa interface e condensações noutra, quando as condensações ocorrem em duas interfaces do elemento construtivo	21
Fig.5.1 – Constituição de paredes duplas	62
Fig.5.2 – Constituição de paredes com isolamento térmico pelo exterior e revestimento por placagem	65
Fig.5.3 – Constituição de paredes com isolamento térmico pelo exterior e revestimento delgado.....	66
Fig.5.4 – Constituição de paredes com isolamento térmico pelo interior	67
Fig.5.5 – Constituição de coberturas em terraço em que a camada de impermeabilização é colocada sobre a camada de isolamento térmico	69
Fig.5.6 – Constituição de coberturas em terraço em que a camada de impermeabilização é colocada sob a camada de isolamento térmico	70
Fig.5.7 – Constituição de coberturas em desvão ventilado	72
Fig.5.8 – Constituição de coberturas inclinadas	73
Fig.5.9 – Constituição de pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sobre a estrutura de suporte.....	75
Fig.5.10 – Constituição de pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de baixa resistência à difusão de vapor de água.....	76
Fig.5.11 – Constituição de pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de elevada resistência à difusão de vapor de água	77
Fig.5.12 – Constituição de pavimentos exteriores elevados com acabamento em madeira e estrutura de suporte descontínua.....	78
Fig.5.13 – Constituição de pavimentos térreos com isolamento térmico sob o massame	80
Fig.5.14 – Constituição de pavimentos sobre desvão sanitário em madeira com estrutura de suporte descontínua.....	81
Fig.5.15 – Constituição de pavimentos sobre desvão sanitário com estrutura de suporte em laje prefabricada de betão.....	81

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Produção de vapor de água em edifícios	6
Quadro 2.2 - Valores típicos de taxas horárias de renovação de ar	7
Quadro 2.3 – Classificação dos edifícios em função da sua higrometria	8
Quadro 2.4 - Classes de higrometria de acordo com EN ISO 13788.....	8
Quadro 2.5 - Temperaturas do ar exterior	12
Quadro 2.6 - Humidades relativas do ar exterior (%).....	13
Quadro 3.1 - Fluxos condensados mensais e acumulados	22
Quadro 5.1 - Quadro síntese	62
Quadro 5.2 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para paredes duplas.....	63
Quadro 5.3 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para paredes com isolamento térmico pelo exterior e revestimento por placagem.....	65
Quadro 5.4 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para paredes com isolamento térmico pelo exterior e revestimento delgado.....	66
Quadro 5.5 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para paredes com isolamento térmico pelo interior	68
Quadro 5.6 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para coberturas em terraço em que a camada de impermeabilização é colocada sobre a camada de isolamento térmico	69
Quadro 5.7 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para coberturas em terraço em que a camada de impermeabilização é colocada sob a camada de isolamento térmico	71
Quadro 5.8 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para coberturas em desvão ventilado	72
Quadro 5.9 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para coberturas inclinadas	73
Quadro 5.10 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sobre a estrutura de suporte	75
Quadro 5.11 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de baixa resistência à difusão de vapor de água.....	77
Quadro 5.12 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de elevada resistência à difusão de vapor de água	78
Quadro 5.13 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para pavimentos exteriores elevados com acabamentos em madeira e estrutura de suporte descontínua	78
Quadro 5.14 - Resultados das simulações efectuadas com o programa <i>Condensa 13788</i> para pavimentos térreos com isolamento térmico sob o massame	80

Quadro 5.15 - Resultados das simulações efectuadas com o programa Condensa 13788 para pavimentos sobre desvão sanitário em madeira com estrutura de suporte descontínua 81

Quadro 5.16 - Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para pavimentos sobre desvão sanitário com estrutura de suporte em laje prefabricada de betão 82

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

A – Área [m^2]

e - Espessura da camada [m]

g - Fluxo de difusão de vapor de água [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]

HR - Humidade relativa [%]

Ma - Acumulação de humidade [kg/m^2]

mv - Massa de vapor de água [kg]

mvs - Massa de vapor de água de saturação [kg]

n - Taxa horária de renovação de ar [h^{-1}]

P - Pressão parcial de vapor de água [Pa]

P_s - Pressão de saturação [Pa]

Pe – Permeância ao vapor de água [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$; $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$]

q - Fluxo de calor [W/m^2]

R_t – Resistência térmica [$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$]

R_D - Resistência à difusão de vapor de água [$\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}/\text{kg}$; $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}/\text{g}$]

S – Secção [m^2]

S_D - Espessura de camada de ar de difusão equivalente [m]

t – Temperatura [$^\circ\text{C}$]

t_s - Temperatura de ponto de orvalho [$^\circ\text{C}$]

U – Teor de humidade do ar [kg/kg]

V – Volume [m^3]

W - Humidade Absoluta do ar [g/m^3 ; kg/kg]

ω - Produção de vapor no interior [kg/h]

λ - Condutibilidade térmica [$\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$]

δ – Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água [$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$; $\text{g}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$]

δ_{ar} – Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água do ar [$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$; $\text{g}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$]

μ - Factor de resistência à difusão de vapor de água [-]

BSI - British Standard Institution

CSTB - Centre Scientifique et Technique du Batiment

CSTC - Centre Scientifique et Technique de la Construction

EN ISO 13788 – Norma Europeia ISO 13788

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O efeito da humidade nos materiais que constituem os elementos de construção, devido a condensações de vapor de água, é uma das principais causas das patologias e consequente degradação.

É por isso necessário e de grande importância, proceder ao desenvolvimento de estudos que permitam compreender melhor e mais claramente, os fenómenos de difusão de vapor.

Desta forma, será possível definir regras qualitativas e quantitativas, para a concepção e execução adequada dos elementos construtivos, face ao fenómeno das condensações internas.

1.2. INTERESSES E OBJECTIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem como principal objectivo propor um catálogo de soluções de paredes, coberturas e pavimentos, obedecendo a um conjunto de regras estabelecidas, que permita minimizar e evitar os riscos de condensações internas nos elementos construtivos dos edifícios, devido aos fenómenos de difusão de vapor.

Para proceder à validação deste catálogo, será utilizado o programa de cálculo automático *Condensa 13788*, onde serão analisados diferentes elementos construtivos de cada ficha constituinte do catálogo, seguindo as regras estabelecidas em cada uma.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho encontra-se dividido em seis partes:

- Na primeira parte (Capítulo 1) é feita uma breve introdução ao tema proposto referindo os principais objectivos e a estruturação do trabalho;
- A segunda parte (Capítulo 2) descreve os aspectos relacionados com o fenómeno de difusão de vapor, com noções de psicrometria, referindo a importância da produção de vapor de água no interior dos edifícios como uma das principais causas das condensações nos elementos construtivos. A transferência de vapor de água em materiais de construção é outro ponto também tratado neste capítulo, bem como o clima exterior, que interferem no fenómeno de difusão de vapor;
- Na terceira parte (Capítulo 3) descreve-se o modelo de GLASER e apresenta-se a norma EN ISO 13788, importantes na avaliação do risco de ocorrência de condensações internas em

elementos construtivos. Para além disso são também apresentados os programas de cálculo automático existentes desenvolvidos com base nesse modelo. Apenas num desses programas se considera a evaporação, de acordo com a norma EN ISO 13788;

- A quarta parte (Capítulo 4) é apresentado um catálogo de regras de concepção de elementos de construção, para paredes, coberturas e pavimentos, com o objectivo de minimizar e evitar os problemas de condensações internas, mantendo o adequado desempenho do elemento;
- Na quinta parte (Capítulo 5), é efectuada a validação do catálogo de regras de concepção de elementos construtivos, utilizando o programa de cálculo *Condensa 13788*, procedendo à consequente análise crítica de resultados;
- A sexta e última parte (Capítulo 6) referente às conclusões finais, em que é feita uma síntese crítica dos resultados, referindo desenvolvimentos futuros da investigação na área das condensações internas.

Em Anexo, encontram-se os resultados referentes às simulações efectuadas para cada ficha constituinte do catálogo de regras de concepção de elementos, recorrendo ao programa de cálculo automático, *Condensa 13788*.

2

DIFUSÃO DE VAPOR

2.1. PSICROMETRIA

2.1.1. HUMIDADE ABSOLUTA E RELATIVA DO AR

A ocorrência de condensações internas em elementos de construção é um fenómeno que depende da sua constituição, das condições climáticas e dos mecanismos de comportamento do ar húmido.

O “ar húmido” é uma mistura de ar seco e vapor de água. A Humidade Absoluta do ar (W), expressa em g/m^3 ou em kg/kg , corresponde então ao quociente entre essa massa de vapor de água (m_v) e o volume (V) de “ar húmido”, como definido na Equação 2.1:

$$W = \frac{m_v}{V} \quad (2.1)$$

A quantidade de vapor de água que um determinado volume de ar pode conter é limitada. [1] O ar, acima de um determinado valor, correspondente a uma humidade relativa de 100%, já não tem capacidade para absorver mais vapor de água, condensando as quantidades em excesso. Este limite tem como designação, Limite de Saturação (W_s) é função da temperatura, crescendo ou decrescendo consoante se aumente ou diminua a temperatura, respectivamente.

Em geral, a humidade absoluta do ar é inferior ao limite de saturação não estando o ar saturado de humidade. [1]

Em determinadas condições quando o ar contacta com zonas mais frias dos elementos construtivos, o valor da humidade absoluta pode ultrapassar o limite de saturação, ocorrendo condensações.

O conceito de humidade relativa (HR) é então, a relação percentual entre a massa de vapor contida no ar e a quantidade máxima de vapor que o ar pode conter, a uma determinada temperatura, expresso na Equação 2.2:

$$HR = \frac{m_v}{m_{vs}} \times 100 \quad (2.2)$$

Em que:

HR : Humidade relativa [%];
 m_v : Massa de vapor de água [kg];
 m_{vs} : Massa de vapor de água de saturação [kg].

É possível estabelecer uma relação equivalente (Equação 2.3), considerando a hipótese de o ar ser um gás perfeito.

$$HR = \frac{P}{P_s} \times 100 \quad (2.3)$$

Em que:

HR : Humidade relativa [%];
 P : Pressão parcial de vapor de água [Pa];
 P_s : Pressão de saturação [Pa].

A pressão parcial do vapor de água é a pressão que este teria se ocupasse individualmente o volume ocupado pela mistura de ar considerada. [16]

Existe um variado número de fórmulas empíricas que relacionam a pressão de saturação com a temperatura. As seguintes equações simplificadas formuladas por H. Kunzel permitem chegar a uma aproximação da pressão de saturação:

para $t < 0^\circ\text{C}$

$$P_s = 611 \cdot e^{\left(\frac{22,44 \cdot t}{272,44 + t}\right)} \quad (2.4)$$

para $t \geq 0^\circ\text{C}$

$$P_s = 611 \cdot e^{\left(\frac{17,08 \cdot t}{234,18 + t}\right)} \quad (2.5)$$

Em que:

P_s : Pressão de saturação [Pa];
 e : Número de Nepper ($e \cong 2,718$);
 t : Temperatura [$^\circ\text{C}$].

A pressão de saturação é então a pressão parcial máxima que o vapor de água pode atingir em determinadas condições de temperatura e pressão atmosférica. [16]

2.1.2. DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

As relações existentes entre a humidade absoluta e humidade relativa, temperatura do ar e a pressão parcial de vapor de água podem ser expressas através de um diagrama específico designado por diagrama psicrométrico que se apresenta na Figura 2.1.

Este diagrama é relativo a uma determinada pressão atmosférica, em geral a pressão atmosférica de referência, pelo que se deve proceder às devidas correcções se a pressão atmosférica for diferente daquela a que corresponde o diagrama (Fig.2.1). [16]

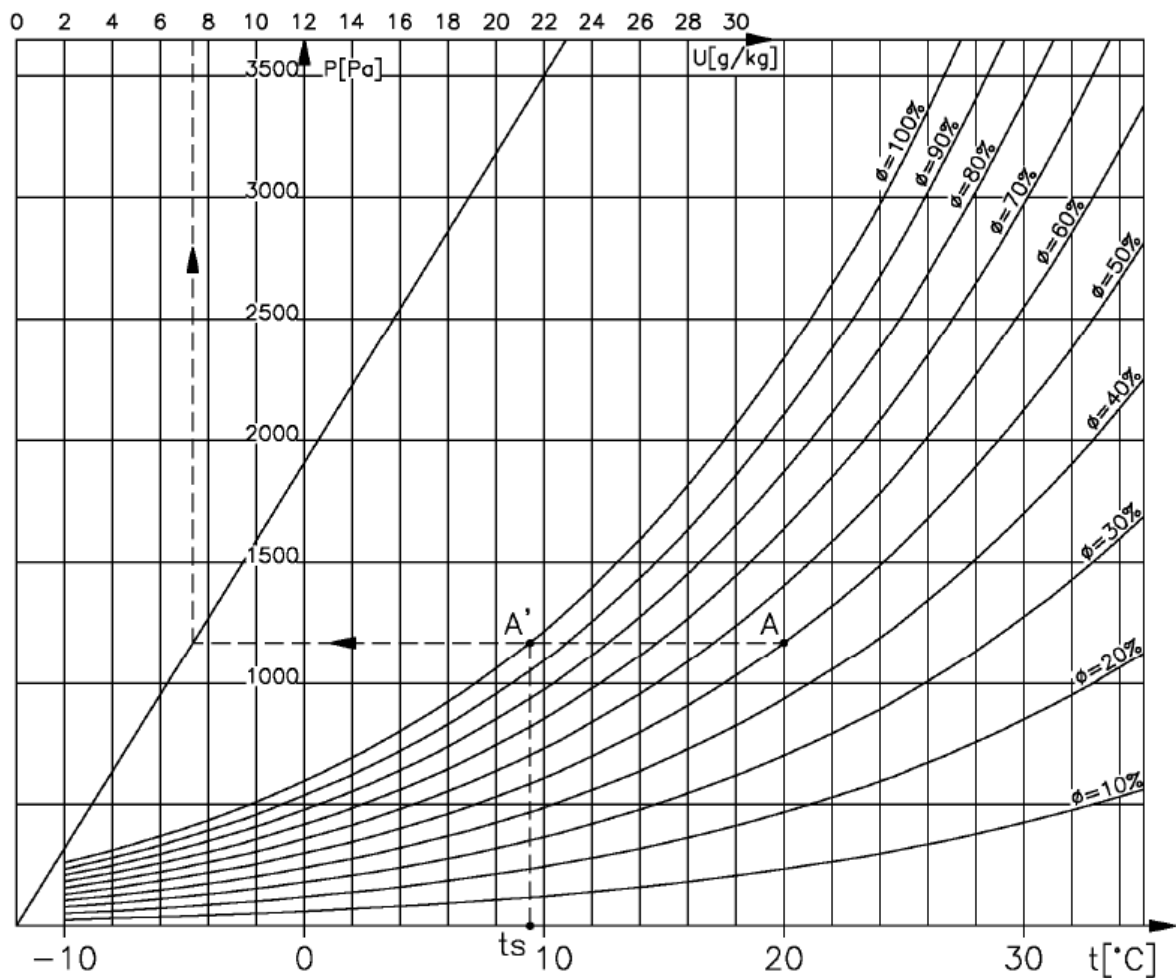


Fig.2.1 – Diagrama psicrométrico [16]

Facilmente este diagrama permite relacionar as seguintes propriedades termodinâmicas do “ar húmido” apresentando em abcissas os valores da temperatura do ar (t (°C)), em ordenadas os valores da pressão parcial do vapor de água (P (Pa)) e um conjunto de curvas de humidade relativa (ϕ (%)). Podendo também ser possível obter valores de teores de humidade do ar (W (g/kg)).

Para exemplificar a utilização do diagrama psicrométrico considera-se que o ar tem uma temperatura igual a 20 °C e uma humidade relativa de 50%. Pela intersecção da recta vertical que corresponde a uma temperatura de 20 °C com a curva que corresponde a uma humidade relativa de 50%, obtêm-se um ponto A, a partir do qual se pode traçar uma recta horizontal que permite determinar a pressão parcial do vapor de água, que é de 1170 Pa. Ao arrefecer esse ar sem fazer variar o seu teor de humidade a humidade relativa vai aumentando. Quando a humidade relativa atinge os 100 %, o ar fica saturado e a temperatura correspondente é a temperatura de ponto de orvalho $t_s=9,3$ °C. [16]

2.2. VAPOR DE ÁGUA NO INTERIOR DOS EDIFÍCIOS

2.2.1. ORIGEM E FONTES DE PRODUÇÃO DE VAPOR DE ÁGUA

Uma das principais causas das condensações nos elementos construtivos é a produção de vapor de água no interior dos edifícios causada pelos diversos factores de produção de vapor:

- Vapor de água produzido pelos ocupantes (dependendo da idade dos ocupantes, do número de ocupantes, do tempo presente no edifício e da actividade desenvolvida pelos indivíduos);
- Vapor de água resultante das actividades dentro do edifício (resultantes da preparação de refeições, cuidados de higiene, lavagem e secagem de roupa e cuidados com as plantas);
- Humidade absoluta do ar exterior que entra no edifício;
- Humidade libertada pelos materiais;
- Difusão de vapor de água através dos elementos construtivos.

A produção de vapor pode variar de forma significativa de edifício para edifício, mas é possível estabelecer valores estimados, como os apresentados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Produção de vapor de água em edifícios [17]

Fonte de vapor		Valor (g/h)
Humanos	Actividade reduzida	30 – 60
	Actividade intermédia	120 – 200
	Actividade elevada	200 - 300
Higiene	Banho	≈ 700
	Duche	≈ 2600
Cozinha		600 - 1500
Plantas em vasos		5 - 20
Secagem de roupa (4,5 kg)	Após centrifugação	50 – 200
	Sem centrifugação	100 - 500

Pode ainda referir-se o facto das produções de vapor de água (g/h) serem em geral descontínuas, em que fortes produções ocorrem em momentos tais como a preparação de refeições ou em actividades relacionadas com a higiene, enquanto as fracas produções ocorrem, por exemplo, durante as horas de repouso nocturno. [11]

2.2.2. VENTILAÇÃO DOS ESPAÇOS

A ocupação dos edifícios está associada à produção de humidade que é necessário ser removida para o exterior através da ventilação dos espaços. Deste modo, é possível evitar elevadas pressões de vapor de água e de humidades relativas do ar que podem provocar o aparecimento de humidades de condensação prejudiciais aos elementos construtivos. [2]

O sistema de ventilação ideal é conseguido extraindo para o ambiente exterior o ar dos espaços que produzem quantidades elevadas de humidade (instalações sanitárias e cozinhas), sendo este substituído por ar proveniente de sistemas de admissão de ar existentes nos outros compartimentos (salas e quartos) deste modo ventilando e reduzindo a humidade em todo o edifício.

A norma BSI apresenta valores típicos de taxas horárias de renovação de ar que estão compreendidos entre os valores de 0,5 e 2 em função de diferentes tipos de edifícios. Contudo, refere-se ainda que a ventilação adequada para o controlo de condensações excede a taxa horária de renovação de ar mínima necessária para a saúde e conforto, devendo estar normalmente compreendida entre 0,5 e 1,5, como apresentado no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Valores típicos de taxas horárias de renovação de ar [2]

Descrição do edifício	Taxa de renovação de ar – n/h
Edifício bem selado em local abrigado	0,5
Edifício corrente em local abrigado	1,0
Edifício com elevada permeabilidade ao ar em local abrigado	1,5
Edifício bem selado em local exposto	1,0
Edifício corrente em local exposto	1,5
Edifício com elevada permeabilidade ao ar em local exposto	2,0

Para a realidade climática portuguesa o equilíbrio entre a eficiência energética, a qualidade do ar e o risco de condensações exigirá um número de renovações por hora (*RPH*) de 0,7 a 0,8. [17]

2.2.3. HIGROMETRIA

A higrometria $\left(\frac{\omega}{n \cdot V}\right)$ é um parâmetro que traduz o aumento da pressão do vapor de água interior de um local em relação ao exterior e, consequentemente, define o gradiente de pressão de vapor a que se encontra submetida a envolvente.

A produção de vapor de água no interior e a renovação de ar dos locais são os dois factores que permitem atribuir classes aos locais em função da sua higrometria. De acordo com bibliografia francesa, são consideradas quatro classes em função da sua higrometria e do tipo de edifícios, como se apresenta no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 – Classificação dos edifícios em função da sua higrometria [16] [11]

CLASSE	HIGROMETRIA	TIPO DE EDIFÍCIOS
I – Fraca higrometria	$\frac{\omega}{n \cdot V} \leq 2,5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$	Escritórios. Escolas, Ginásios.
II – Média higrometria	$2,5 \times 10^{-3} < \frac{\omega}{n \cdot V} \leq 5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$	Edifícios de Habitação não sobreocupados e correctamente ventilados.
III – Forte higrometria	$5 \times 10^{-3} < \frac{\omega}{n \cdot V} \leq 7,5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$	Edifícios de Habitação com ventilação deficiente, indústrias.
IV – Muito forte higrometria	$\frac{\omega}{n \cdot V} > 7,5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$	Piscinas, certas indústrias com grande produção de vapor.

A norma EN ISO 13788 apresenta uma classificação diferente, considerando cinco classes de higrometria consoante os diferentes tipos de edifícios. No gráfico da Figura 2.2 é possível identificar as várias classes de higrometria que variam em função da temperatura exterior média mensal (θ_e) no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas o valor da higrometria (Δv) em kg/m^3 e o valor da pressão (Δp) expresso em Pa.

Para o cálculo é recomendável que seja usado o valor limite superior para cada classe de higrometria, excluindo-se as situações em que se demonstre que as condições são menos severas através de valores específicos.

Quadro 2.4 – Classes de higrometria de acordo com EN ISO 13788 [12]

CLASSE DE HIGROMETRIA	TIPO DE EDIFÍCIOS
1	Armazéns
2	Escritórios, lojas comerciais
3	Habitações com pouca ocupação
4	Habitações com elevada ocupação, pavilhões desportivos, cozinhas, cantinas, edifícios aquecidos com aquecedores a gás
5	Edifícios especiais (lavandarias, cervejarias, piscinas)

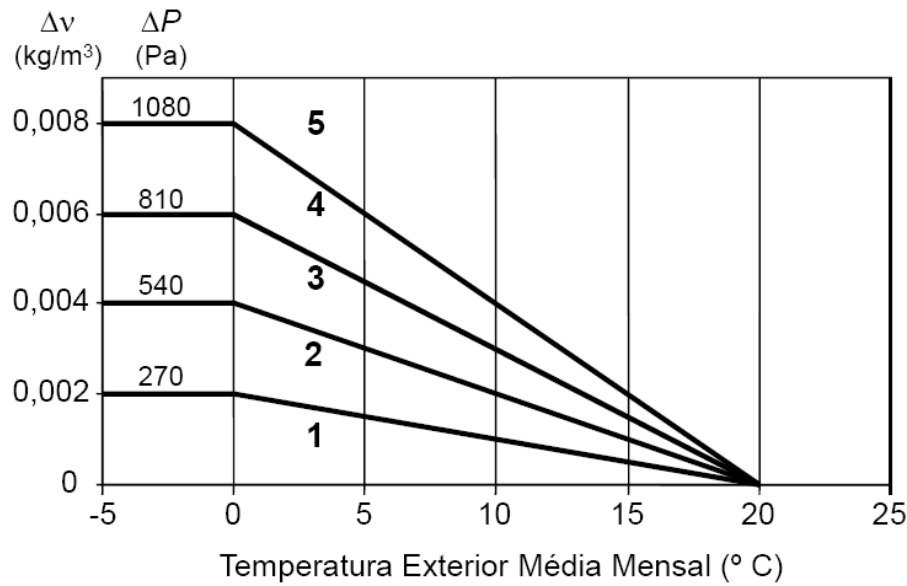


Fig.2.2 – Variação das classes de higrometria em função da temperatura exterior média mensal de acordo com EN ISO 13788 [12]

Neste trabalho as classes de higrometria consideradas são as apresentadas no Quadro 2.3, uma vez que não é necessário o seu cálculo em função da temperatura exterior média mensal, permitindo deste modo manter um valor constante ao longo do ano.

A relação entre a humidade interior e exterior pode traduzir-se simplificada pela seguinte expressão:

$$W_i = W_e + 0,825 \frac{\omega}{n \cdot V} \quad (2.6)$$

Em que:

- W_i : Humidade absoluta do ar interior [g/kg];
- W_e : Humidade absoluta do ar exterior [g/kg];
- ω : Produção de vapor no interior [kg/h];
- n : Taxa horária de renovação de ar [h^{-1}];
- V : Volume interior [m^3].

2.2.4. CRITÉRIOS DE CONCEPÇÃO DOS EDIFÍCIOS FACE À DIFUSÃO DE VAPOR

Os critérios de concepção dos edifícios face à difusão de vapor de água em função da sua higrometria, são os seguintes: [16]

Classe de higrometria I – edifícios com fraca higrometria – não é necessário tomar grandes precauções relativamente ao problema da difusão de vapor, pois a probabilidade de ocorrência de condensações internas é pouco significativa;

Classes de higrometria II e III – edifícios com média e forte higrometria – existem regras de concepção para diferentes tipos de elementos construtivos, em função da resistência térmica e da resistência à difusão de vapor de água das diferentes camadas que os compõem;

Classe de higrometria IV – edifícios com muito forte higrometria – é necessário proceder a um estudo aprofundado para avaliar os riscos de ocorrência de condensações, recorrendo para tal, a modelos de simulação. Este tipo de estudos é também recomendado para edifícios da classe de higrometria III.

2.3. TRANSFERÊNCIA DE VAPOR DE ÁGUA EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

2.3.1. PROPRIEDADES HIGROTÉRMICAS

Para que seja possível a determinação da quantidade de vapor de água é necessário conhecer as características de permeabilidade ao vapor de água dos materiais e dos elementos construtivos.

Neste sentido, define-se o coeficiente de permeabilidade ao vapor de água de um material homogéneo (δ), como a quantidade de vapor de água que, por unidade de tempo e espessura, atravessa por difusão um provete desse material, quando sujeito a uma diferença de pressão de vapor unitária entre as faces. Pode ser expresso em kg/(m·s·Pa) ou em g/(m·h·mmHg).

No caso de materiais heterogéneos é normalmente utilizada a noção de permeância (P_e) que corresponde à relação entre o coeficiente de permeabilidade ao vapor de água do material e a sua espessura, definido na Equação 2.7. Pode ser expressa em kg/(m²·s·Pa) ou em g/(m²·h·mmHg).

$$P_e = \frac{\delta}{e} \quad (2.7)$$

O inverso da permeância ao vapor de água designa-se por resistência à difusão de vapor de água, R_D , e representa a resistência que um elemento oferece à passagem de vapor de água, encontrando-se definido na Equação 2.8. Pode ser expressa em m²·s·Pa/kg ou em m²·h·mmHg/g.

$$R_D = \frac{1}{P_e} = \frac{e}{\delta} \quad (2.8)$$

Outro parâmetro frequentemente utilizado é o factor de resistência à difusão de vapor de água (μ), sendo definido como a relação adimensional entre a permeabilidade ao vapor de água do ar e a permeabilidade ao vapor de água do próprio material, definido na Equação 2.9.

$$\mu = \frac{\delta_{ar}}{\delta} = \frac{1,852 \times 10^{-10}}{\delta} \quad (2.9)$$

No caso da espessura da camada de ar de difusão equivalente (S_D), esta grandeza de carácter prático, destina-se a substituir uma camada do material com uma dada espessura, por uma camada de ar de espessura tal que mantenha a mesma permeância.

Corresponde à espessura de camada de ar em repouso que possui a mesma resistência à difusão de vapor de água que o elemento construtivo de espessura “e”, permitindo relacionar a resistência à difusão de vapor com a permeabilidade ao vapor de água do ar. Esta grandeza expressa-se em metros.

$$S_D = \delta_{ar} \cdot R_D = \mu \cdot e \quad (2.10)$$

2.3.2. FACTORES QUE INFLUENCIAM A PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA DOS MATERIAIS

2.3.2.4. Humidade Relativa

Apesar de ser uma característica bem definida para cada material, a experiência tem mostrado que em alguns materiais a permeabilidade ao vapor de água é bastante dependente do seu teor de humidade que varia principalmente com a humidade relativa.

Na Figura 2.3 mostra-se como o valor do coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (δ) varia em função da humidade relativa.

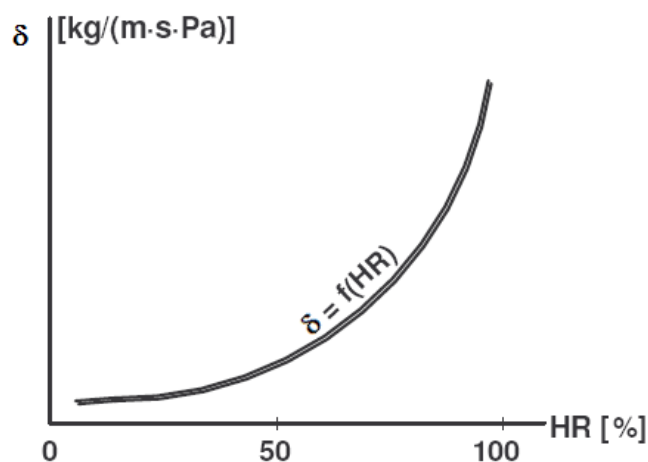


Fig.2.3 – Princípio de variação do coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (δ) em função da humidade relativa (HR) [16]

A permeabilidade ao vapor de materiais higroscópicos aumenta consideravelmente com o aumento da humidade relativa da ambiência.

Isto acontece particularmente para valores elevados de higroscopicidade, verificando-se o contrário para permeabilidade ao vapor de materiais com pouca ou nenhuma higroscopicidade, dado que, estes são praticamente independentes da humidade relativa.

2.3.2.5. Temperatura

A temperatura tem alguma influência sobre a permeabilidade ao vapor de água dos materiais e elementos construtivos apesar de ter um grau de importância menor que o da humidade relativa. Na maior parte dos casos o seu efeito não é considerado.

2.3.3. CONTROLO DAS CONDENSAÇÕES INTERNAS

De acordo com a norma BSI, para minimizar o risco de ocorrência de condensações internas nos elementos de construção é necessário respeitar uma ou mais das seguintes condições: [2]

- Obter baixas pressões de vapor de água através de ventilação ou redução da humidade produzida pelo edifício;
- Usar materiais de elevada resistência ao vapor de água do lado interior (lado quente) do elemento;
- Usar materiais de baixa resistência ao vapor ou recorrer à ventilação das caixas-de-ar do lado exterior (lado frio) do elemento;
- Usar materiais de baixa resistência térmica do lado interior do elemento;
- Usar materiais de elevada resistência térmica do lado exterior do elemento.

Por outro lado, torna-se relevante referir que a evacuação do vapor de água através de ventilação adequada é de grande importância para o controlo das condensações internas, mas também, a aplicação de barreiras pára-vapor que restringem a difusão de vapor de água através dos elementos de construção, permitindo assim evitar as condensações no interior das camadas dos elementos construtivos.

No caso de elementos construtivos que apresentem água de condensação no interior dos panos (caso de paredes duplas) é necessário proceder à sua evacuação. Assim, evita-se o contacto desta com isolamentos térmicos sensíveis à humidade e com o pano interior do elemento.

2.4. CLIMA EXTERIOR

2.4.1. TEMPERATURA EXTERIOR

Os diferentes cálculos efectuados para avaliar os riscos de condensações e estudar os fenómenos de difusão são geralmente efectuados supondo um regime térmico permanente estabelecido no interior do elemento de construção. [1]

Ao contrário da temperatura no interior dos locais que é constante, a temperatura exterior é variável ao longo do dia e ao longo das estações do ano.

No Quadro 2.5 apresentam-se os valores das temperaturas do ar exterior para várias cidades portuguesas, retirados do programa de cálculo *Condensa 13788*.

Quadro 2.5 – Temperaturas do ar exterior

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Bragança	5.0	4.5	5.9	8.0	10.0	13.4	17.7	21.1	20.8	18.3	13.1	8.0
Porto	9.3	10.1	11.5	12.9	15.1	18.1	19.9	19.8	19.0	16.2	12.3	9.9
Faro	11,9	12,6	13,7	15,1	17,5	20,6	23,3	23,4	21,8	18,7	15,1	12,7
Évora	9.4	10.2	11.8	13.4	16.3	20.1	23.0	23.2	21.6	17.3	12.7	9.9
Coimbra	10.0	11.0	12.5	14.0	16.4	19.6	21.8	21.8	20.8	17.4	13.0	10.4
Funchal	16.1	15.9	16.3	16.5	17.7	19.4	21.1	22.3	22.3	20.9	18.8	16.9

2.4.2. HUMIDADE EXTERIOR

A humidade do ar exterior intervém de vários modos no fenómeno de condensação: [1]

- A pressão parcial de vapor de água, existente no exterior, condiciona o gradiente de pressão entre o interior e o exterior que comanda a difusão através dos elementos;
- A humidade do ar exterior, o processo de ventilação e a produção de vapor vão definir a humidade interior.

No Quadro 2.6 apresentam-se os valores de humidades relativas do ar exterior para várias cidades portuguesas retirados do programa de cálculo *Condensa 13788*.

Quadro 2.6 – Humidades relativas do ar exterior (%)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Bragança	84	83	77	68	66	63	57	49	50	57	72	79
Porto	81	80	75	74	74	74	73	73	76	80	81	81
Faro	77	77	71	68	64	65	60	60	65	71	75	77
Évora	78	71	70	64	61	53	46	46	54	64	75	78
Coimbra	79	77	72	73	71	70	68	67	69	73	77	78
Funchal	71	70	68	68	70	73	73	72	71	71	70	70

3

CONDENSAÇÕES INTERNAS

3.1. FACTORES QUE CONDICIONAM AS CONDENSAÇÕES INTERNAS

A disposição das diferentes camadas de um elemento de construção heterogéneo influencia, decisivamente, o risco de ocorrência de condensações internas. Na disposição das camadas do elemento é necessário ter em atenção as propriedades dos materiais que as compõem, nomeadamente a resistência à difusão de vapor de água ou a permeância ao vapor de água.

Considere-se, por exemplo, um elemento composto por apenas duas camadas (camada 1 e camada 2) com a mesma resistência à difusão térmica, tendo a camada 1 uma resistência à difusão de vapor mais elevada que a camada 2, como apresentado na Figura 3.1. Se a camada 1 for colocada pelo interior da camada 2, então a “curva” das pressões de saturação terá tendência a afastar-se da “curva” das pressões instaladas. Se, pelo contrário, a camada 1 for colocada pelo exterior da camada 2, então a “curva” das pressões de saturação terá tendência a aproximar-se e a intersectar a “curva” das pressões instaladas, originando condensações. [16]

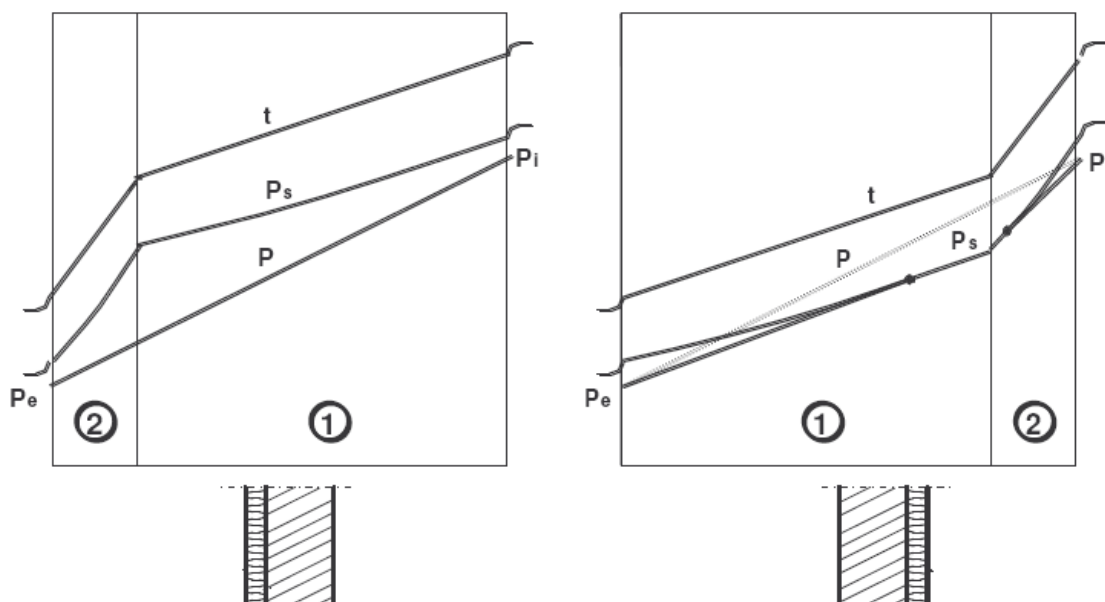


Fig.3.1 – Importância das propriedades e posicionamento das camadas nas condensações internas [16]

Num elemento construtivo a resistência à difusão de vapor de água das camadas deverá diminuir progressivamente do interior para o exterior, considerando que o fluxo de vapor dá-se do interior para o exterior, ou seja, as camadas constituídas por materiais com baixa permeância ao vapor de água deverão ser colocadas no lado interior do elemento como é o caso das barreiras pára-vapor, enquanto do lado exterior deverão ser colocadas as camadas de elevada permeância ao vapor de água.

3.2. QUANTIFICAÇÃO DE CONDENSAÇÕES INTERNAS

3.2.1. MÉTODO GLASER

3.2.1.1. Generalidades

Visto que a transferência de humidade em materiais porosos é extremamente complexa e de difícil aplicação em Engenharia Civil, o método simplificado de GLASER, apesar de apresentar algumas limitações, é correntemente utilizado, permitindo analisar os riscos de ocorrência de condensações internas e definir regras de qualidade a que devem satisfazer os elementos construtivos, quantificando fluxos de vapor de água.

Este método assume que, se um elemento construtivo estiver sujeito a um gradiente de pressões e temperaturas, então, a pressão de saturação será variável de ponto para ponto. Deste modo, se a “curva” de pressões instaladas, geradas pelas condições limite, não intersectar a “curva” de pressões de saturação, não ocorrem condensações internas. No caso de se verificarem intersecções, então haverá condensações. [16]

O programa de cálculo automático *Condensa 13788* utilizado neste trabalho, é um software desenvolvido com base no método GLASER, para a avaliação do risco de ocorrência de condensações internas e da sua evaporação em elementos de construção de acordo com a norma EN ISO 13788.

3.2.1.2. Condições de aplicação

A aplicação do método de Glaser requer a consideração de algumas hipóteses simplificativas, que são as seguintes: [16]

- A humidade desloca-se apenas por transferência de vapor de água;
- Não há transporte de ar, pelo que a transferência de vapor se deve apenas à difusão;
- A difusão de vapor de água obedece à lei de FICK;
- O transporte de calor dá-se apenas por condução;
- O regime é permanente;
- Os materiais são não-higróscópicos;
- Os elementos de construção são estanques ao ar;
- Os elementos de construção têm as faces planas e paralelas;
- Os coeficientes de permeabilidade ao vapor de água e de condutibilidade térmica são constantes;
- Não há movimento (redistribuição) do vapor de água condensado.

3.2.1.3. Cálculo

A quantificação do fluxo de vapor de água que atravessa um elemento de construção constituído por materiais homogêneos de faces planas e paralelas é dado, com base na lei de FICK, pela seguinte expressão:

$$g = \frac{1}{\sum_j \frac{e_j}{\delta_j}} (P_i - P_e) \quad (3.1)$$

Em que:

- g : Fluxo de difusão de vapor de água por unidade de superfície [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$];
- δ_j : Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água da camada j [$\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$];
- e_j : Espessura da camada j [m];
- P_i, P_e : Pressão parcial de vapor de água no interior e no exterior, respectivamente [Pa].

Quanto ao fluxo de calor, este obedece à lei de FOURIER:

$$q = \frac{1}{\sum_j \frac{e_j}{\lambda_j}} (t_i - t_e) \quad (3.2)$$

Em que:

- q : Fluxo de calor por unidade de superfície [W/m^2];
- λ_j : Coeficiente de condutibilidade térmica da camada j [$\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$];
- t_i, t_e : Temperatura interior e exterior, respectivamente [$^\circ\text{C}$].

Para a aplicação do método GLASER é necessário conhecer os seguintes parâmetros:

- Condições climáticas interiores e exteriores (t_i, P_i, t_e, P_e);
- Propriedades dos materiais que constituem as diferentes camadas e respectivamente espessuras (λ_j, δ_j, e_j);
- Resistências térmicas superficiais ($R_{si} = \frac{1}{h_i}, R_{se} = \frac{1}{h_e}$).

A partir da Equação 3.2 pode-se determinar a “curva” das temperaturas instaladas nos diferentes pontos do elemento construtivo e a partir destas obter a “curva” das pressões de saturação (P_s) através do diagrama psicrométrico. Por outro lado, a Equação 3.1 permite determinar a “curva” das pressões instaladas (P) no elemento. [16]

A grande vantagem deste método é que permite uma fácil resolução gráfica que passa pelas seguintes quatro fases:

- 1ª Fase - Representa-se o elemento construtivo num sistema de eixos ($R_d; P$), em que $R_{d,j} = \sum_j \frac{e_j}{\delta_j}$ é a resistência à difusão acumulada no ponto j (do exterior para o interior) e P_j a pressão parcial de vapor de água instalada nesse ponto;
- 2ª Fase – Calcula-se a “curva” das temperaturas instaladas no elemento construtivo a “curva” das pressões de saturação correspondente, utilizando o diagrama psicrométrico;

3ª Fase – Compara-se a “curva” das pressões de saturação com a “curva” das pressões instaladas, gerada pelas condições nas suas faces. Se as “curvas” não se intersectarem, então não há condensações;

4ª Fase – Se, pelo contrário, a “curva” das pressões de saturação e a “curva” das pressões instaladas se intersectarem, então traçam-se as tangentes à “curva” das pressões de saturação, a partir dos pontos que definem as pressões instaladas nas suas faces, delimitando-se assim a zona onde ocorrem as condensações.

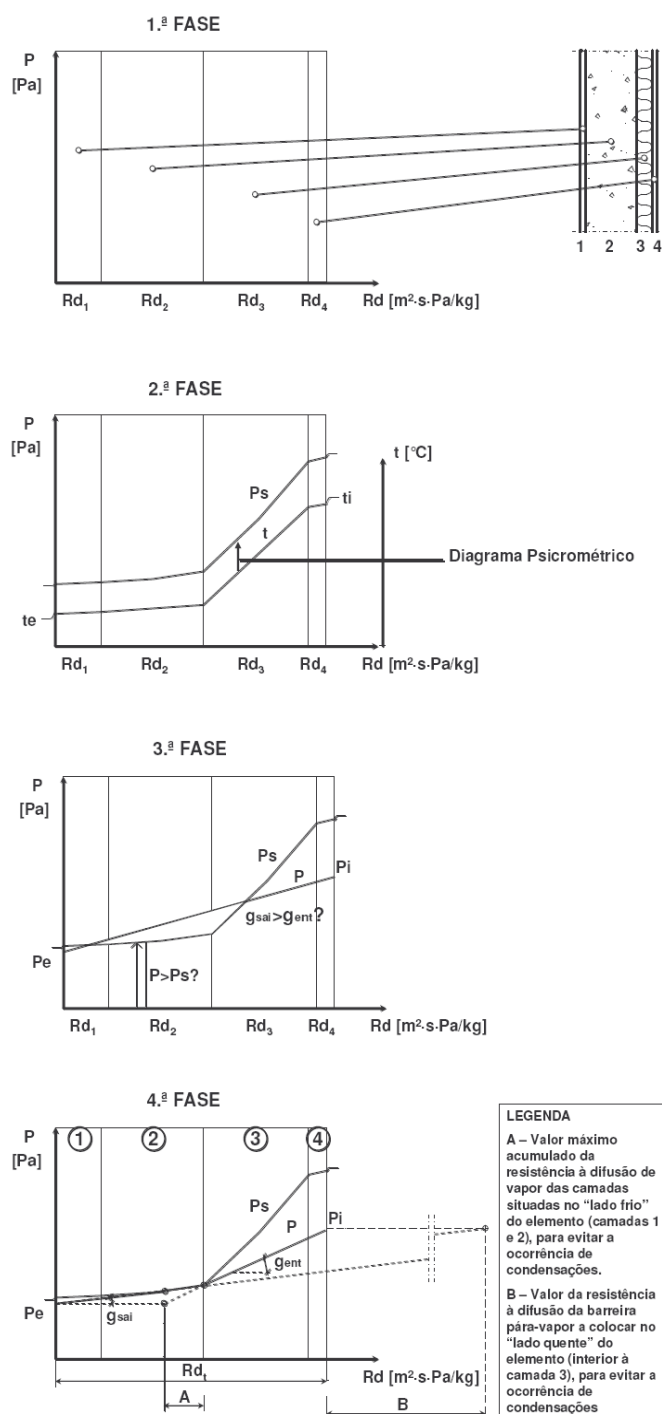


Fig.3.2 – Representação gráfica do método de GLASER [16]

Quando o segmento de recta P_i-P_e das pressões geradas pelas condições limite não interceptar a “curva” das pressões de saturação P_s não haverá lugar a condensações no interior do elemento. Quando, pelo contrário, a “curva” de pressões de saturação intercepta a “curva” de pressões de vapor haverá lugar a condensações.

A determinação da zona de ocorrência de condensações internas é efectuada tendo em atenção as seguintes condições:

$P \leq P_s$ - Qualquer que seja o ponto no interior do elemento construtivo, a pressão parcial de vapor de água nunca pode ser superior à pressão de saturação;

$\frac{d_g}{d_x} \leq 0$, ou seja, $g_{saída} \leq g_{entrada}$ - Pois considera-se que não existe produção de humidade no interior do elemento construtivo não podendo aumentar a densidade de fluxo.

Estas duas condições não são independentes e podem ser expressas da seguinte forma:

$P < P_s \Rightarrow \frac{d_g}{d_x} = 0$ - A densidade de fluxo de vapor de água mantém-se constante e a pressão parcial de vapor de água (P) tem uma variação linear;

$P = P_s \Rightarrow \frac{d_g}{d_x} < 0$ - A pressão parcial efectiva segue a variação da “curva” correspondente às pressões de saturação e a densidade de fluxo de vapor de água diminui.

Para determinar a quantidade de humidade que depois se deposita no interior de um elemento construtivo pode-se aplicar a lei de FICK admitindo que o fluxo condensado é igual à diferença entre os fluxos de entrada e de saída na zona de condensações (superfícies de abcissa x_1 e x_2 (Figura 3.3)).

$$g_{condensado} = \left(\frac{P_i - P_x}{R_{d_{total}} - R_{d_x}} \right) X = X_2 - \left(\frac{P_x - P_e}{R_{d_x}} \right) X = X_1 \quad (3.3)$$

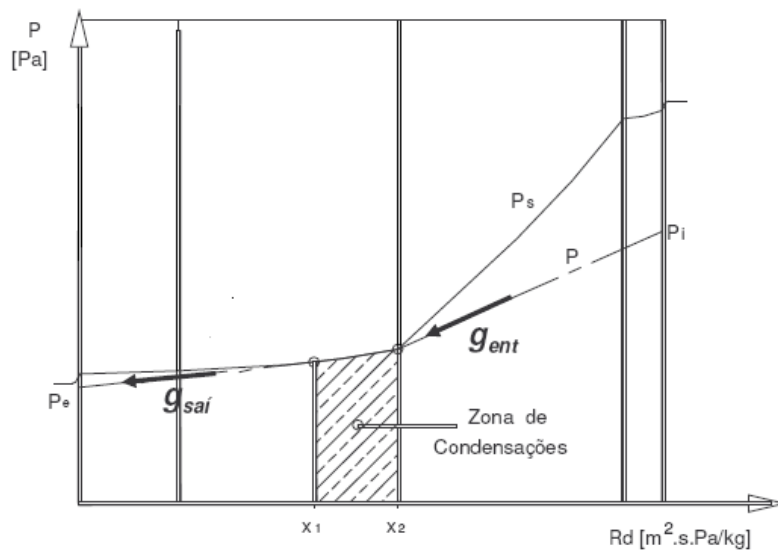


Fig.3.3 – Determinação da zona de ocorrência de condensações no interior de uma parede (método de GLASER) [16]

3.2.2. NORMA EN ISO 13788

3.2.2.1. Geral

A norma EN ISO 13788 apresenta um método também baseado no método GLASER com a finalidade de determinar o fluxo total anual condensado e o máximo valor de humidade de condensação acumulado no interior dos elementos.

Além disso, considera ainda que ocorre evaporação de qualquer humidade de condensação no elemento construtivo.

3.2.2.2. Princípio

A humidade de condensação pode ocorrer em uma ou mais interfaces, bem como a evaporação do elemento construtivo.

O valor acumulado de humidade de condensação no final dos meses em que esta ocorre é comparado com o total de evaporação durante o resto do ano. Se o fluxo de evaporação compensar o fluxo condensado durante os doze meses do ano, significará que não haverá problemas no elemento construtivo.

O cálculo começa num qualquer mês do ano determinando-se a temperatura, a pressão de saturação e a distribuição da pressão de vapor ao longo dos constituintes dos elementos de acordo com o método GLASER já descrito anteriormente, prevendo-se a existência de algumas condensações no mês considerado.

Se não existirem condensações nesse mês, o cálculo tem que ser feito para os restantes meses até que:

- Não sejam verificadas condensações nos doze meses do ano - **elemento livre de condensações**;
- Seja encontrado um mês com ocorrência de condensações que passará a ser o mês inicial.

Se existirem condensações no mês em estudo, o cálculo deve ser repetido sucessivamente para os restantes e anteriores meses a esse, até que:

- Se verifiquem condensações em todos os doze meses do ano, calculando-se o total de condensações acumulado anualmente;
- Seja encontrado um mês sem condensações. O mês seguinte a esse, passará a ser o mês inicial.

Quando existe humidade de condensação em uma ou mais interfaces, a pressão de vapor (referente aos segmentos de recta P_e-P_c e P_c-P_i) deverá ser igual à pressão de saturação (referente ao segmento de recta P_s) e a recta da pressão de vapor deverá ser traçada com linhas rectas entre os valores que representam a pressão de vapor interior, condensações nas interfaces e pressão de vapor exterior (Figura 3.4).

Se os valores de pressão de vapor excederem os valores de pressão de saturação em qualquer interface é necessário redesenhar as linhas da pressão de vapor.

A Figura 3.4 representa uma situação em que ocorre evaporação numa interface, $S'_{d,c}$.

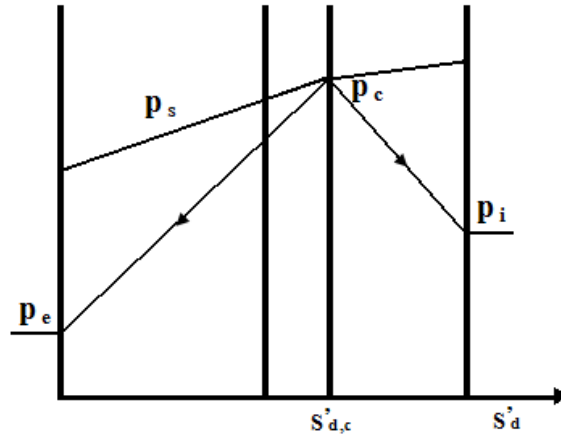


Fig.3.4 – Evaporação numa interface do elemento construtivo [12]

O fluxo de evaporação é calculado então da seguinte forma:

$$g_{\text{evapora } \text{ÇAo}} = \delta_0 \left(\frac{p_i - p_c}{S'_{d,\text{Total}} - S'_{d,c}} - \frac{p_c - p_e}{S'_{d,c}} \right) \quad (3.4.)$$

A Equação 3.4. para o fluxo de evaporação é a mesma que para o fluxo condensado. Por convenção, ocorrem condensações se a expressão for positiva e evaporação se a expressão for negativa.

Em elementos que apresentem mais do que uma interface de condensações, o fluxo de evaporação é calculado para cada interface separadamente.

Pode ocorrer o caso, em que existam meses onde surjam condensações numa interface e ocorra evaporação noutra. Na Figura 3.5 apresenta-se uma situação em que ocorrem condensações na interface $S'_{d,c1}$ e evaporação na interface $S'_{d,c2}$.

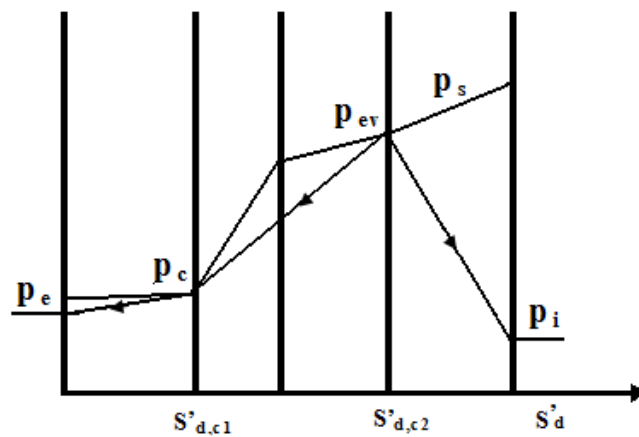


Fig.3.5 – Evaporação numa interface e condensações noutra, quando as condensações ocorrem em duas interfaces do elemento construtivo [12]

A título de exemplo, considere-se um elemento construtivo com ocorrência de condensações internas em duas interfaces. O elemento construtivo é citado no EN ISO 13788 e trata-se de uma parede constituída por cinco camadas (revestimento, isolamento, alvenaria, isolamento, revestimento). Relativamente às condições exteriores e interiores, manteve-se a temperatura interior, 20°C, e fez-se variar a temperatura exterior e as humidades relativas exterior e interior consoante os meses do ano.

No início do cálculo, considera-se que a acumulação de humidade, M_a , em qualquer interface do elemento é nula. O mês inicial é determinado recorrendo ao método GLASER segundo as condições já descritas. Os fluxos condensados para ambas as interfaces são calculados segundo a Equação 3.3 e os fluxos de evaporação são determinados a partir da Equação 3.4. No Quadro 3.1 apresentam-se os valores dos fluxos condensados mensais e acumulados para as duas interfaces.

Quadro 3.1 – Fluxos condensados mensais e acumulados [12]

Mês	Interface 1		Interface 3	
	g_c kg/m ²	M_a kg/m ²	g_c kg/m ²	M_a kg/m ²
Novembro	0,013	0,013	0	0
Dezembro	0,070	0,084	0	0
Janeiro	0,071	0,155	0,036	0,036
Fevereiro	0,058	0,212	0,004	0,039
Março	0,014	0,226	-0,527	0
Abril	-0,164	0,062	0	0
Maió	-0,344	0	0	0
Junho	0	0	0	0
Julho	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0
Setembro	0	0	0	0
Outubro	0	0	0	0

No fim do mês de Novembro (mês inicial) registam-se condensações que se prolongam para o mês de Dezembro, aumentando consequentemente o fluxo condensado acumulado na interface 1 até ao mês de Março. Contudo, no mês de Janeiro registam-se condensações na interface 3 do elemento em estudo que persistem durante o mês de Fevereiro. No entanto durante o mês de Março as condensações evaporam por completo. As condensações na interface 1 aumentam progressivamente até ao mês de Março, todavia a evaporação das condensações começa apenas em Abril sendo completamente eliminadas durante o mês de Maio.

3.2.2.3. Critério

A ocorrência de condensações internas nos elementos construtivos torna-se prejudicial, degradando os materiais, afectando a sua durabilidade e o seu desempenho térmico.

Se a humidade existente nos elementos construtivos produzir degradação do material, as condensações deverão ser obrigatoriamente nulas. Nos casos em que essa humidade não afecte de forma significativa o desempenho dos materiais, sendo facilmente eliminada pelos processos de secagem durante os meses de verão, as condensações serão consideradas desprezáveis.

É necessário ter em atenção o facto de ocorrerem condensações em elementos que se localizem em zonas muito frias, em que as temperaturas se encontram negativas durante longos períodos de tempo. O consequente congelamento da água não permite a absorção da mesma pelo elemento construtivo, aumentando também a dificuldade na sua secagem.

Pode distinguir-se então dois tipos de casos:

Condensações nulas - casos em que a presença de humidade produz degradação dos materiais do elemento construtivo;

Condensações desprezáveis - casos em que a presença de humidade não produz degradação dos materiais do elemento construtivo evaporando durante os meses de verão. Quando não for afectado o desempenho do elemento de construção admite-se a ocorrência de condensações desde que não ultrapassem os valores limite de humidade.

3.3. PROGRAMAS DE CÁLCULO

3.3.1. PROGRAMAS DE CÁLCULO EXISTENTES

A avaliação do risco de ocorrência de condensações nos elementos construtivos pode ser realizada de uma forma mais rápida e simples utilizando software desenvolvido na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Os programas de cálculo automático existentes, *Condensa 2000* [16] e *Condensa 13788*, baseados no método GLASER, são instrumentos essenciais que permitem facilmente simular o comportamento dos elementos construtivos e consequentemente quantificar as suas condensações.

Os resultados destes programas são apresentados através de um conjunto de gráficos que permitem visualizar a zona onde ocorrem as condensações, que através de tabelas, nos fornecem os respectivos valores das pressões de saturação e instaladas, e dos fluxos condensados mensais e condensados acumulados, em cada mês do ano. Estes resultados obtêm-se para diferentes composições do elemento em estudo, desde que sejam conhecidas as características das ambiências interiores e exteriores e as características e propriedades higrotérmicas dos materiais que compõem as camadas do elemento de construção.

Uma vez que o programa *Condensa 13788* foi desenvolvido mais recentemente possibilita considerar a secagem do elemento construtivo, quantificando o fluxo de evaporação de acordo com o método de cálculo preconizado pela norma EN ISO 13788.

3.3.2. DADOS NECESSÁRIOS PARA A UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA CONDENSE 13788

A Norma EN ISO 13788 impõe que a análise dos elementos construtivos deverá ser feita para 12 meses e em cada período as condições higrotérmicas devem corresponder às condições médias reais.

Quanto às condições climáticas exteriores os valores das temperaturas e da humidade relativa exteriores médias mensais são gerados pelo programa *Condensa 13788*, em função da localização em estudo, que neste caso se escolheu a cidade de Bragança. Considerou-se uma temperatura interior constante de 20°C como refere o artigo 14º a) do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Para a realização das simulações é necessário fornecer as características técnicas de cada camada. Os valores da condutibilidade térmica dos materiais, λ são os indicados no ITE 50 e os valores do coeficiente de permeabilidade ao vapor de água, δ , do factor de resistência à difusão do vapor de água, μ , e da permeância ao vapor de água, Pe , foram retirados da Nota de Informação Técnica – NIT 002.

Admitiu-se ainda a classificação de higrometria sugerida no Quadro 2.3, variando esta entre $2,5 \times 10^{-3}$ e $7,5 \times 10^{-3}$ kg/m³. Contudo, nos quadros retirados da norma CSTC e colocados na FICHA 02.1 e FICHA 02.3, referentes a coberturas em terraço e inclinadas, respectivamente, apresenta-se uma classe de higrometria diferente da considerada nas restantes fichas.

Os valores considerados para as três classes de higrometria nestas duas Fichas (FICHA 02.1 e FICHA 02.3) foram determinados recorrendo ao diagrama psicrométrico (Figura 2.1) e à Equação 3.5.

$$U_i \cong U_e + 0,825 \frac{\omega}{n \cdot V} \quad (3.5)$$

Em que:

U_i : Teor de humidade do ar interior [kg/kg];

U_e : Teor de humidade do ar exterior [kg/kg];

$\frac{\omega}{n \cdot V}$: Higrometria [kg/m³].

Para cada classe de higrometria considerada na norma CSTC correspondem os seguintes intervalos de pressão parcial de vapor de água (p_i):

- Classe I: 1100 Pa < p_i ≤ 1165 Pa;
- Classe II: 1165 Pa < p_i ≤ 1370 Pa;
- Classe III: 1370 Pa < p_i ≤ 1500 Pa;
- Classe IV: p_i > 1500 Pa.

A partir dos valores máximo de cada classe da pressão parcial de vapor de água e utilizando o diagrama psicrométrico são retirados então os valores do teor de humidade do ar interior. Considerando para o local de Bragança, uma temperatura exterior de projecto de -3°C e uma humidade relativa de 80%, determina-se o teor de humidade do ar exterior. A partir destes teores de humidade interior e exterior é possível determinar o valor de higrometria correspondente para cada classe considerada na norma CSTC utilizando a Equação 3.5.

Particularmente, estas fichas apresentam as seguintes classes de higrometria: Classe I – $5,4 \times 10^{-3}$ kg/m³; Classe II - $5,9 \times 10^{-3}$ kg/m³; Classe III - $7,2 \times 10^{-3}$ kg/m³.

4

REGRAS DE CONCEPÇÃO DE ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO**4.1. INTRODUÇÃO**

O presente capítulo tem como objectivo a elaboração de um catálogo de regras de concepção de elementos de construção baseado nas normas existentes, nomeadamente, Francesas (CSTB), Britânicas (BSI) e Belgas (CSTC).

Para qualquer um dos elementos de construção as regras apresentadas nas fichas possibilitam a obtenção e utilização de elementos sem qualquer ocorrência de condensações internas ou com condensações consideradas desprezáveis, consoante o caso, sem que seja necessário o seu cálculo.

As regras de concepção de elementos de construção têm como principal objectivo manter o desempenho do elemento, evitando a degradação dos materiais devido à presença de humidade de condensação, consequência dos fenómenos de difusão de vapor de água.

4.2. ESTRUTURA DO CATÁLOGO DE REGRAS DE CONCEPÇÃO DE ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO

O Catálogo apresentado é constituído por um conjunto de Fichas, nas quais, foram definidas regras de concepção consoante o elemento de construção em análise, este contém a seguinte estrutura:

01 - Regras de concepção de paredes:

- 01.1 – Paredes duplas;
- 01.2 – Paredes com isolamento térmico pelo exterior e revestimento por placagem;
- 01.3 – Paredes com isolamento térmico pelo exterior e revestimento delgado;
- 01.4 – Paredes com isolamento térmico pelo interior.

02 - Regras de concepção de coberturas:

- 02.1 – Coberturas em terraço;
- 02.2 – Coberturas em desvão ventilado;
- 02.3 – Coberturas inclinadas.

03 - Regras de concepção de pavimentos:

- 03.1 – Pavimentos exteriores elevados;
- 03.2 – Pavimentos térreos;
- 03.3 – Pavimentos sobre desvão sanitário.

Cada ficha encontra-se dividida em quatro partes:

- 1 - Configuração do elemento construtivo: constituição e ilustração legendada das camadas do elemento construtivo em análise;
- 2 - Regras de concepção: para evitar/minimizar a ocorrência de condensações internas referidas em normas técnicas;
- 3 - Observações: exposição de casos particulares específicos;
- 4 - Bibliografia: referência a documentos que serviram de apoio à realização das fichas.

4.3. CATÁLOGO DE REGRAS DE CONCEPÇÃO DE ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO

A norma CSTC apresenta as seguintes designações para os materiais, classes de barreiras pára-vapor, classes de sub-telha e estruturas de suporte.

Materiais de isolamento térmico:

- Materiais de origem vegetal:
K – Cortiça.
- Materiais inorgânicos:
MW – Lã mineral;
CG – Vidro celular.
- Espumas sintéticas:
S – Espumas sintéticas expandidas de células maioritariamente fechadas (PS - espuma de poliestireno expandido, PUR - espuma de poliuretano);
PSE – Espuma de poliestireno extrudido.
- Outros materiais:
P: placas de perlite expandida, de vermiculite expandida, etc.

Classes de barreiras pára-vapor de acordo com as características de permeabilidade ao vapor de água:

- $E1 - 2 \text{ m} < S_d \leq 5 \text{ m}$:
 - Papel betuminoso;
 - Tela de fibra de vidro com betume;
 - Papel de tapeçaria plastificado;
 - Certas pinturas (pintura de óleo, borracha clorada, etc.).
- $E2 - 5 \text{ m} < S_d \leq 25 \text{ m}$:
 - Gesso cartonado recoberto com folha de alumínio e aplicado com juntas estanques;
 - Folhas de material sintético ou membranas betuminosas aplicadas com juntas fechadas mecanicamente (por exemplo, por pregagem, agrafagem, etc.).
- $E3 - 25 \text{ m} < S_d \leq 200 \text{ m}$:
 - Betumes armados com armadura de fibra de vidro, com juntas coladas ou soldadas.

Classes de Sub telha:

- ST1 : - Papel forte;
 - Painéis de celulose-cimento;
 - Paineis de fibra de madeira.
- ST2: - Papel betuminoso ou revestido de folhas de alumínio, de materiais sintéticos, etc;
 - Folhas de material sintético (eventualmente com microperfurações);
 - Membranas betuminosas.

Estrutura de suporte:

- T1 – Estrutura monolítica em betão;
- T2 – Estrutura de suporte em elementos pré-fabricados em betão ou cerâmica com camada de compressão;
- T3 – Estrutura de betão leve (betão celular, etc.).

CONDENSAÇÕES INTERNAS – CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE



Regras de Concepção

PAREDE DUPLA

FICHA

01.1

1 – CONFIGURAÇÃO DO ELEMENTO CONSTRUTIVO

Paredes duplas de alvenaria com isolamento térmico pelo interior preenchendo parcialmente ou totalmente a caixa-de-ar, com ou sem barreira pára-vapor.

- R_{TM} : Resistência térmica do pano exterior de parede. No caso de painéis nervurados será calculada na zona corrente, de menor espessura e onde se verifica menor resistência;
- R_{TI} : Resistência térmica da camada de isolamento térmico, incluindo eventuais espaços de ar;
- R_{TP} : Resistência térmica do pano interior de parede, excluindo eventuais barreiras pára-vapor;
- R_{DI} : Resistência à difusão de vapor da camada de isolamento térmico, excluindo eventuais barreiras pára-vapor;
- R_{DP} : Resistência à difusão de vapor do pano interior de parede, incluindo eventuais barreiras pára-vapor, desde que não se encontrem directamente aplicadas sobre o paramento interior de parede, uma vez que existem riscos de essa barreira ser posteriormente danificada ou retirada;
- R_{DM} : Resistência à difusão de vapor das camadas que se situam pelo exterior da camada de isolamento térmico.

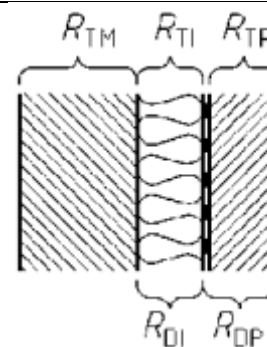


Fig.1 - Parede dupla sem espaço de ar (Caixa de ar totalmente preenchida pelo isolamento térmico)

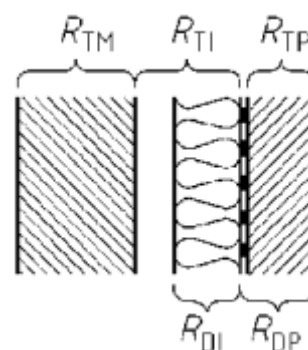


Fig.2 - Parede dupla com espaço de ar (Caixa de ar parcialmente preenchida pelo isolamento térmico)

2– REGRAS DE CONCEPÇÃO PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE CONDENSAÇÕES INTERNAS

- $R_{DP} > 5 \times R_{DM}$ [BSI] (1.1)
- Regra para evitar condensações na face interior do isolamento térmico:

$$R_{TI} > 3 \times R_{TP} \text{ [CSTB] (1.2)}$$

- Regra para evitar condensações na camada de isolamento térmico, no caso de locais de forte higrometria:

$$\frac{1}{R_{DP}} < 0,06 \frac{g}{m^2 \cdot h \cdot mmHg} \Leftrightarrow \frac{1}{R_{DP}} < 1,25 \times 10^{-10} \text{ kg}/(m^2 \cdot s \cdot Pa) \quad [CSTB] \quad (1.3)$$

- Regra para evitar condensações na face interior do pano exterior de parede:

$$3 \times R_{TM} \geq R_{TI} + R_{TP} \quad [CSTB] \quad (1.4)$$

3 – OBSERVAÇÕES

As condensações na face interior do pano exterior de parede são difíceis de evitar completamente, sendo preocupantes em zonas muito frias em que as temperaturas se encontram negativas durante longos períodos de tempo, proporcionando o congelamento da água que normalmente é absorvida pelo pano exterior de parede.

Quando não se verifica a condição referente à regra para evitar condensações na face interior do pano exterior de parede, deve respeitar-se uma das seguintes regras:

- Limitar o fluxo de vapor:

$$R_{TM} > 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}:$$

$$\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 6,25 \times 10^{-10} \text{ kg}/(m^2 \cdot s \cdot Pa) \quad (1.5)$$

$$R_{TM} < 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}:$$

$$\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 1,25 \times 10^{-10} \text{ kg}/(m^2 \cdot s \cdot Pa) \quad (1.6)$$

Em zonas muito frias:

$$\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 3,13 \times 10^{-11} \text{ kg}/(m^2 \cdot s \cdot Pa) \quad (1.7)$$

- Proceder à recolha e evaporação convenientes da água de condensação:

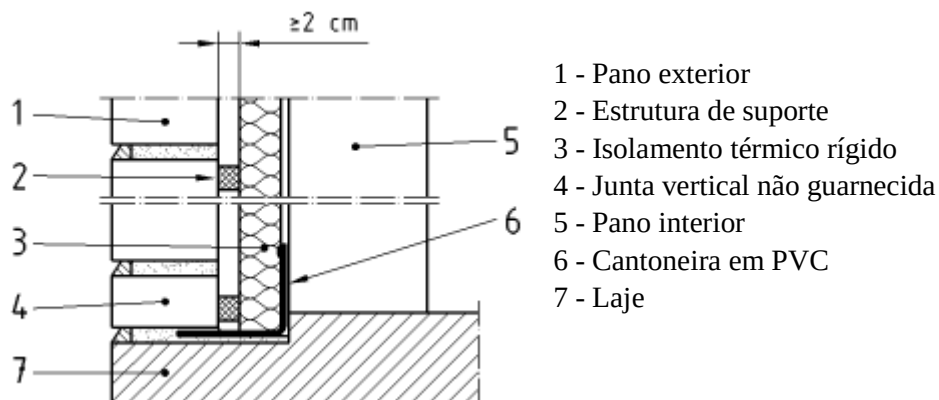


Fig.3 - Orifícios de drenagem /ventilação de espaços de ar de paredes duplas com o pano exterior em tijolo à vista

Orifícios:

1. Juntas verticais não preenchidas até 5 cm, espaçadas de 1 m, nas primeiras fiadas de tijolo da base dos panos de parede; [CSTB]
2. A secção deverá ser de pelo menos 500 mm^2 por metro de desenvolvimento de parede (com um limite mínimo de 10 mm para a menor dimensão). [BSI]

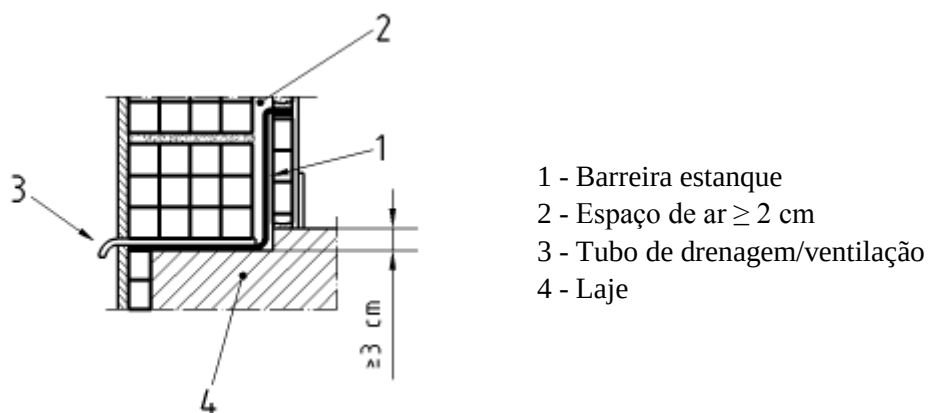


Fig.4 - Orifícios de drenagem /ventilação de espaços de ar de paredes duplas com reboco exterior

Orifícios:

1. Tubos de 20 mm de diâmetro interior com 1 m de espaçamento; [CSTB]
2. Tubos de 30 mm de diâmetro interior com 1,5 m de espaçamento; [CSTB]
3. A secção deverá ser de pelo menos 500 mm^2 por metro de desenvolvimento de parede (com um limite mínimo de 10 mm para a menor dimensão). [BSI]

BIBLIOGRAFIA

- [1] Berthier, Jack. *Diffusion de Vapeur au Travers des Parois. Condensation*. REEF, Volume II – Sciences du Bâtiment, Paris, CSTB, 1980.
- [2] British Standards Institution (BSI). *British Standard Code of Practice for Control of Condensation in Buildings*. BS 5250:1989. Londres, 1989.
- [8] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Ouvrages en Maçonnerie de Petits Éléments – Parois et Murs*. Document Technique Unifié – DTU 20.1. Paris, CSTB, 1995.

CONDENSAÇÕES INTERNAS – CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE**Regras de Concepção****PAREDES COM ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR E REVESTIMENTO POR PLACAGEM****FICHA****01.2****1 – CONFIGURAÇÃO DO ELEMENTO CONSTRUTIVO**

Paredes constituídas por um pano de alvenaria incluindo um espaço de ar ventilado entre a camada de isolamento térmico e o revestimento exterior (elemento descontínuo, normalmente pouco permeável ao vapor de água).

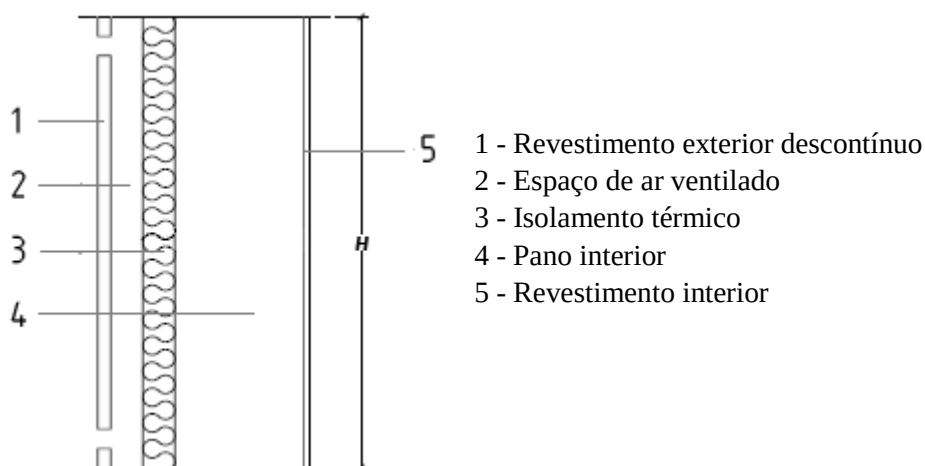


Fig.1 - Parede simples com isolamento térmico pelo exterior e revestimento por placagem

2 – REGRAS DE CONCEPÇÃO PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE CONDENSAÇÕES INTERNAS

A ventilação do espaço de ar permite a evacuação do excesso de humidade contida no elemento, evitando a saturação do ar húmido nos materiais. Em caso de infiltrações momentâneas, a ventilação do espaço de ar permite eliminar por evaporação esta humidade.

Regra geral, deverá adoptar-se uma espessura mínima do espaço de ar:

$$E \geq 2 \text{ cm}$$

A secção das aberturas na base e no topo da fachada são determinadas de acordo com a seguinte expressão:

$$S = \left(\frac{H}{3}\right)^{0,4} \times 50$$

S – Secção das aberturas de ventilação (cm²/m)

H – Altura do espaço de ar a ventilar (m)

Em função da altura do espaço de ar, as regras de ventilação para a secção das aberturas a adoptar na base e no topo são as seguintes:

Quadro 1 - Regras para a secção das aberturas de ventilação

Altura do espaço de ar H (m)	Secção das aberturas de ventilação S (cm ² /m)
H ≤ 3 m	50 (cm ² /m)
3 m < H ≤ 6 m	65 (cm ² /m)
6 m < H ≤ 18 m	100 (cm ² /m)

A distância máxima entre as aberturas de base e de topo é limitada a 18 m para permitir um funcionamento adequado da ventilação. Se a altura do espaço de ar for superior a 18 m, é aconselhável proceder ao fraccionamento adequado do mesmo.

BIBLIOGRAFIA

[1] Berthier, Jack. *Diffusion de Vapeur au Travers des Parois. Condensation*. REEF, Volume II – Sciences du Bâtiment, Paris, CSTB, 1980.

[11] Couasnet, Yves. *Les Condensations dans les Bâtiments, Guide pratique et elements d'analyse*. Paris, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1990.

CONDENSAÇÕES INTERNAS – CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE

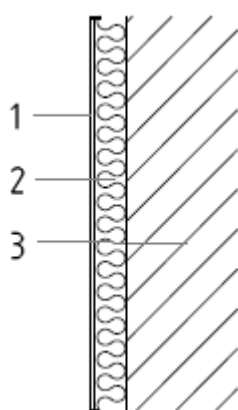


Regras de Concepção
PAREDES COM ISOLAMENTO TÉRMICO PELO
EXTERIOR E REVESTIMENTO DELGADO

FICHA
01.3

1 – CONFIGURAÇÃO DO ELEMENTO CONSTRUTIVO

Paredes constituídas por um pano de alvenaria com isolamento térmico aplicado sobre o pano exterior com revestimento de reboco delgado.



- 1 - Revestimento exterior contínuo
- 2 - Isolamento térmico
- 3 - Pano interior

Fig.1 - Parede simples com isolamento térmico pelo exterior e revestimento por placagem

2 – REGRAS DE CONCEPÇÃO PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE CONDENSAÇÕES INTERNAS

- Regra aplicada ao revestimento exterior e ao isolamento térmico:

$$\frac{\frac{\pi}{e(\text{reboco})}}{\pi(\text{isolamento})} \geq 50 \text{ m}^{-1} \quad (3.1)$$

BIBLIOGRAFIA

- [1] Berthier, Jack. *Diffusion de Vapeur au Travers des Parois. Condensation*. REEF, Volume II – Sciences du Bâtiment, Paris, CSTB, 1980.
- [11] Couasnet, Yves. *Les Condensations dans les Bâtiments, Guide pratique et elements d'analyse*. Paris, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1990.

CONDENSAÇÕES INTERNAS – CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE



Universidade do Porto
FEUP Faculdade de Engenharia

Regras de Concepção

PAREDES COM ISOLAMENTO PELO INTERIOR

FICHA

01.4

1 – CONFIGURAÇÃO DO ELEMENTO CONSTRUTIVO

Paredes tradicionais em alvenaria com isolamento térmico aplicado pelo interior e revestimento interior.

- R_{TM} : Resistência térmica do pano exterior de parede. No caso de painéis nervurados será calculada na zona corrente, de menor espessura e onde se verifica menor resistência;
- R_{TI} : Resistência térmica da camada de isolamento térmico, incluindo eventuais espaços de ar;
- R_{TP} : Resistência térmica do pano interior de parede, excluindo eventuais barreiras pára-vapor;
- R_{DI} : Resistência à difusão de vapor da camada de isolamento térmico, excluindo eventuais barreiras pára-vapor;
- R_{DP} : Resistência à difusão de vapor do pano interior de parede, incluindo eventuais barreiras pára-vapor, desde que não se encontrem directamente aplicadas sobre o paramento interior de parede, uma vez que existem riscos de essa barreira ser posteriormente danificada ou retirada;
- R_{DM} : Resistência à difusão de vapor das camadas que se situam pelo exterior da camada de isolamento térmico.

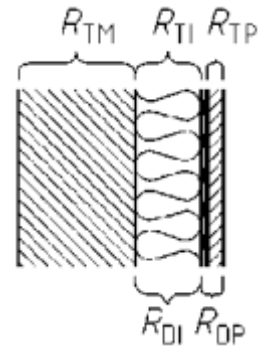


Fig.1 - Parede simples com isolamento pelo interior

2 – REGRAS DE CONCEPÇÃO PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE CONDENSAÇÕES INTERNAS

- $R_{DP} > 5 \times R_{DM}$ [BSI] (4.1)
- Para evitar condensações na face interior do isolamento térmico:

$$R_{TI} > 3 \times R_{TP} \quad [\text{CSTB}] \quad (4.2)$$

- Para evitar condensações no isolamento térmico, no caso de locais de forte higrometria:

$$\frac{1}{R_{DP}} < 0,06 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}) \Leftrightarrow \frac{1}{R_{DP}} < 1,25 \times \frac{10^{-10} \text{ kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}} \quad [\text{CSTB}] \quad (4.3)$$

- Para evitar condensações na face interior do pano exterior de parede:

$$3 \times R_{TM} \geq R_{TI} + R_{TP} \quad [\text{CSTB}] \quad (4.4)$$

3 – OBSERVAÇÕES

As condensações na face interior do pano exterior de parede são difíceis de evitar completamente, sendo preocupantes em zonas muito frias em que as temperaturas se encontram negativas durante longos períodos de tempo, proporcionando o congelamento da água que normalmente é absorvida pelo pano exterior de parede.

Quando não se verifica a condição referente à regra para evitar condensações na face interior do pano exterior de parede, deve respeitar-se uma das seguintes regras

- Limitar o fluxo de vapor:

$$R_{TM} > 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}:$$

$$\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 6,25 \times 10^{-10} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}) \quad (4.5)$$

$$R_{TM} < 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}:$$

$$\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 1,25 \times 10^{-10} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}) \quad (4.6)$$

Em zonas muito frias:

$$\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 3,13 \times 10^{-11} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}) \quad (4.7)$$

BIBLIOGRAFIA

- [1] Berthier, Jack. *Diffusion de Vapeur au Travers des Parois. Condensation*. REEF, Volume II – Sciences du Bâtiment, Paris, CSTB, 1980.
- [2] British Standards Institution (BSI). *British Standard Code of Practice for Control of Condensation in Buildings*. BS 5250:1989. Londres, 1989.
- [11] Couasnet, Yves. *Les Condensations dans les Bâtiments, Guide pratique et elements d'analyse*. Paris, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1990.

CONDENSAÇÕES INTERNAS – CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE

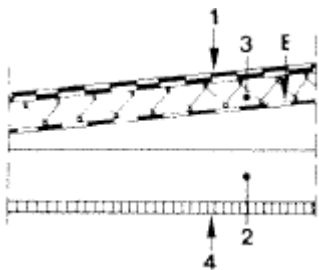
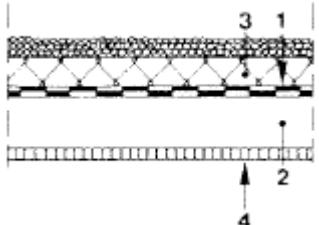

Regras de Concepção
COBERTURAS EM TERRAÇO
FICHA
02.1
1 – CONFIGURAÇÃO DO ELEMENTO CONSTRUTIVO

CSTC

Composição da cobertura: 1. Sistema de impermeabilização 2. Estrutura de suporte 3. Isolamento térmico 4. Eventual revestimento interior E. Barreira pára-vapor se necessária	Tipo de estrutura de suporte	Material de isolamento térmico
	T1	K-MW-S-P CG
	T2-T3	K-MW-P S CG
	T1-T2-T3	PSE

2 – REGRAS DE CONCEPÇÃO PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE CONDENSAÇÕES INTERNAS

CSTC

Composição da cobertura: 1. Revestimento de impermeabilização 2. Estrutura de suporte 3. Isolamento térmico 4. Eventual revestimento interior E. Barreira pára-vapor se necessária	Classe E da barreira pára-vapor, se necessária, em função da higrometria			Observações
	I	II	III	
	E3 N	E3 N	E3 N	- O poliestireno expandido (PS) e o poliestireno extrudido (PSE), não devem ser colocados directamente sob um revestimento de impermeabilização betuminoso.
	E3 N N	E3 N N	E3 N N	
	N	N	N	- O poliestireno expandido (PS) e o poliestireno extrudido (PSE), não devem ser colocados directamente sob um revestimento de impermeabilização betuminoso.

N – Não é necessária qualquer barreira pára-vapor.

CSTB

Como regra geral, a permeância da barreira pára-vapor deverá obedecer ao limite:

$$\frac{\delta}{e} \leq 0.001 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$$

3 – OBSERVAÇÕES

CSTC

- O poliestireno expandido (PS) e o poliestireno extrudido (PSE), não devem ser colocados directamente sob um revestimento de impermeabilização betuminoso.
- No caso do revestimento de impermeabilização estar colocado sobre a espuma de poliuretano (PUR), o material de isolamento deve estar revestido com uma tela de fibra de vidro com betume em ambas as faces. A massa volúmica da espuma terá de ser de 32 kg/m³ ou superior a este valor.
- A camada de forma não é realizada em betão leve.

CSTB

Limite de volume de condensações:

$$200 \times e \quad [\text{g}/\text{m}^2]$$

e - espessura do isolamento térmico em cm

para a seguinte situação:

- Coberturas em que a camada de impermeabilização está aplicada directamente sobre a camada de isolamento térmico, em que a permeância ao vapor da camada de impermeabilização não ultrapasse os $e \times 0,004 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}$ e não exista qualquer camada que impeça a normal absorção capilar de humidade por parte do suporte.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Berthier, Jack. *Diffusion de Vapeur au Travers des Parois. Condensation*. REEF, Volume II – Sciences du Bâtiment, Paris, CSTB, 1980.
- [10] Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC). *Compositions de Toitures en fonction des données hygrothermiques – Toitures à versants. Toitures Plate*. Bruxelas, CSTC, 1980.
- [11] Couasnet, Yves. *Les Condensations dans les Bâtiments, Guide pratique et éléments d'analyse*. Paris, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1990.

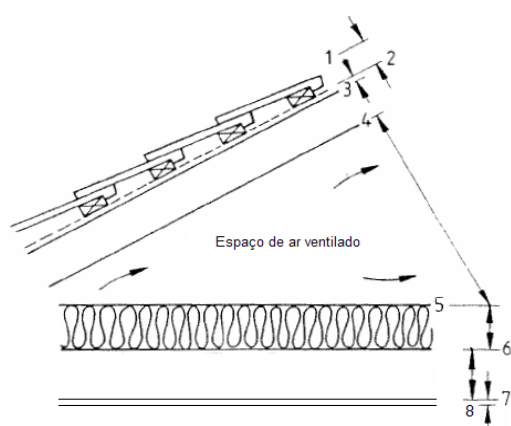
CONDENSAÇÕES INTERNAS – CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE



Regras de Concepção COBERTURAS EM DESVÃO VENTILADO

FICHA
02.2

1 – CONFIGURAÇÃO DO ELEMENTO CONSTRUTIVO



- 1 a 2 – Telha ou ardósia sobre ripado
- 2 a 3 – Sub-telha flexível
- 3 a 4 – Contra-ripado
- 4 a 5 – Espaço de ar ventilado
- 5 a 6 – Isolamento térmico
- 6 a 7 – Laje
- 7 a 8 – Tecto

Fig.1 – Coberturas em desvão ventilado

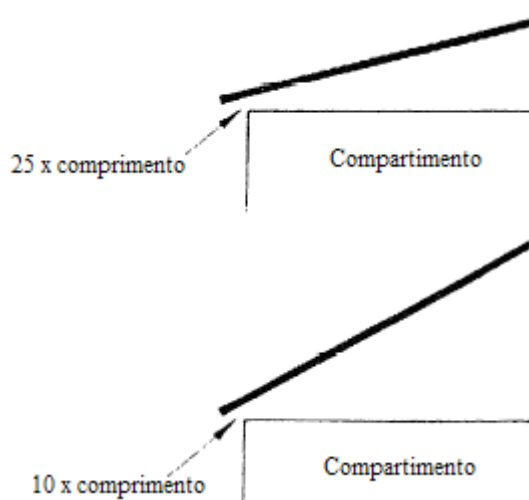
2 – REGRAS DE CONCEPÇÃO PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE CONDENSAÇÕES INTERNAS

BSI

As aberturas de ventilação deverão ser realizadas ao nível da base das coberturas, normalmente nos beirais ou em beirados e em lados opostos do edifício.

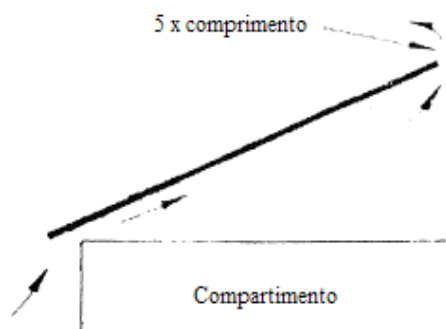
Secções mínimas das aberturas de ventilação em função da inclinação dos telhados:

- 25 mm × comprimento da vertente, para inclinações inferiores ou iguais a 15°.
- 10 mm × comprimento da vertente, para inclinações superiores a 15°.



Secção das aberturas no topo do telhado para coberturas com apenas uma vertente sem beirais ou beirados opostos:

- 5 mm × comprimento da vertente.



Nota: todas as dimensões são em milímetros (mm)

CSTB

Secção total das aberturas de ventilação:

$$\frac{S}{A} = 0,0055 \cdot (Pe)_i \cdot \left(1,4 \frac{\omega}{n \cdot V} + 0,2 \right)$$

Em que:

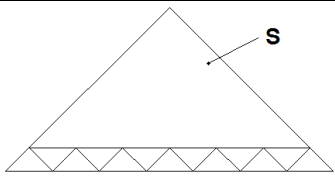
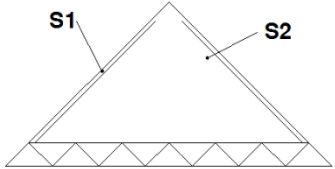
S: Secção total das aberturas de ventilação (m²)

A: Área do tecto da cobertura (m²)

(Pe)_i: Permeância ao vapor acumulada das camadas situadas pelo interior do espaço de ar ventilado (g/(m²·h·mmHg))

$\frac{\omega}{n \cdot V}$: Higrometria do local subjacente (kg/m³)

Quadro 1 – Secção mínima das aberturas de ventilação de coberturas em desvão ventilado

Tipo de Cobertura	Secção Total de Ventilação
	$S/A \geq 1/5000$
	$S1/A \geq 1/5000$ $S2/A \geq 1/3000$

S – Caracteriza a secção total das aberturas em relação ao volume a ventilar entre o isolamento térmico e os elementos da cobertura;

S1 – Caracteriza a secção das aberturas em relação ao volume a ventilar entre o ecrã de estanquidade e os elementos da cobertura;

S2 - Caracteriza a secção das aberturas em relação ao volume a ventilar entre o isolamento térmico e o ecrã de estanquidade.

A – Área do tecto da cobertura

3 – OBSERVAÇÕES

BSI

A ventilação pode ser melhorada criando aberturas no topo do telhado de coberturas com beirais ou beirados opostos com a seguinte secção:

- 5 mm × comprimento da cobertura (recomendado para telhados com inclinação igual ou superior a 35° ou vertentes de largura superior a 10 m).

CSTB

- **Coberturas com revestimento em Telha Cerâmica**

Permeância máxima do tecto da cobertura:

$$Pe \leq 0,3 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$$

- **Coberturas com revestimento em Telha Asfáltica**

A secção dos orifícios de ventilação deverá ser tal, que:

$$S/A \geq 1/500$$

Espessura mínima do espaço de ar ventilado existente entre o isolamento térmico e o suporte do revestimento exterior:

- 4 cm para larguras da vertente ≤ 12 m ;
- 6 cm para larguras da vertente > 12 m.

Permeância do tecto da cobertura:

$$Pe \leq 0,06 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$$

- **Coberturas com revestimento em Placas Metálicas Onduladas**

A secção dos orifícios de ventilação deverá ser tal, que:

$$S/A \geq 1/500$$

▪ **Coberturas com revestimento em Folha de Zinco**

A secção dos orifícios de ventilação deverá ser tal, que:

$$S/A \geq 1/5000$$

BIBLIOGRAFIA

- [1] Berthier, Jack. *Diffusion de Vapeur au Travers des Parois. Condensation*. REEF, Volume II – Sciences du Bâtiment, Paris, CSTB, 1980.
- [2] British Standards Institution (BSI). *British Standard Code of Practice for Control of Condensation in Buildings*. BS 5250:1989. Londres, 1989.
- [3] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Travaux de Couverture en Plaques Ondulées.Métalliques*. Document Technique Unifié – DTU 40.32. Paris, CSTB, 1967.
- [4] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couverture en Tuiles Plates en Béton*. Document Technique Unifié – DTU 40.25. Paris, CSTB, 1985.
- [5] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couvertures par Eléments Métalliques en Feuilles et Longues Feuilles en Zinc*. Document Technique Unifié – DTU 40.41. Paris, CSTB, 1987.
- [6] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couverture en Bardeaux Bitumés*. Document Technique Unifié – DTU 40.14. Paris, CSTB, 1993.
- [7] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couverture en Tuiles Canal de Terre Cuite*. Document Technique Unifié – DTU 40.22. Paris, CSTB, 1993.
- [9] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couvertures en Tuiles de Terre Cuite à Emboîtement ou à Glissement à Relief*. Document Technique Unifié – DTU 40.21. Paris, CSTB, 1997.
- [11] Couasnet, Yves. *Les Condensations dans les Bâtiments, Guide pratique et elements d'analyse*. Paris, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1990.

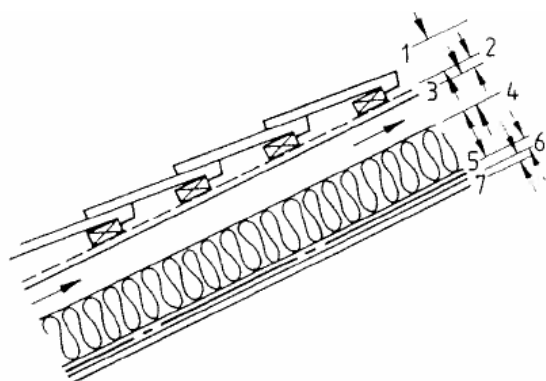
CONDENSAÇÕES INTERNAS – CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE



Regras de Concepção COBERTURAS INCLINADAS

FICHA
02.3

1 – CONFIGURAÇÃO DO ELEMENTO CONSTRUTIVO



- 1 a 2 – Telha ou ardósia sobre ripado
- 2 a 3 – Sub-telha flexível
- 3 a 4 – Espaço de ar ventilado entre o contra-ripado
- 4 a 5 – Isolamento térmico
- 5 a 6 – Barreira pára-vapor
- 6 a 7 – Tecto

Fig.1 – Coberturas inclinadas

2 – REGRAS DE CONCEPÇÃO PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE CONDENSAÇÕES INTERNAS

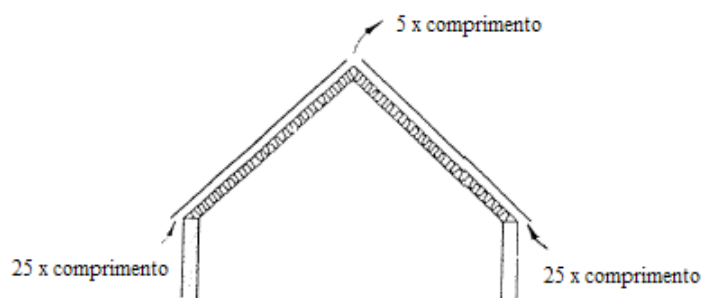
BSI

Aplicação de uma barreira para vapor com uma permeância de:

$$Pe \leq 4 \times 10^{-12} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{sPa}) \text{ [BSI]}$$

Secção mínima das aberturas de ventilação:

- 25 mm × comprimento da vertente, nas aberturas de ventilação na base do telhado
- 5 mm × comprimento da vertente, nas aberturas de ventilação no topo do telhado



Nota: todas as dimensões são em milímetros (mm)

Espessura mínima do espaço de ar ventilado:

$$E \geq 5 \text{ mm}$$

CSTB

Secção total das aberturas de ventilação:

$$\frac{S}{A} = 0,0055 \cdot (Pe)_i \cdot \left(1,4 \frac{\omega}{n \cdot V} + 0,2\right)$$

Em que:

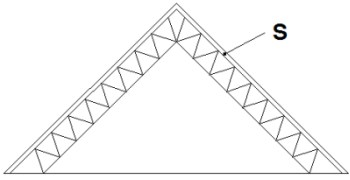
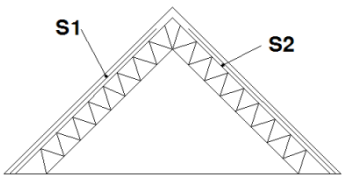
S: Secção total das aberturas de ventilação (m²)

A: Área do tecto da cobertura (m²)

(Pe)_i: Permeância ao vapor acumulada das camadas situadas pelo interior do espaço de ar ventilado (g/(m²·h·mmHg))

$\frac{\omega}{n \cdot V}$: Higrometria do local subjacente (kg/m³)

Quadro 1 – Secção mínima das aberturas de ventilação de coberturas inclinadas

Tipo de Cobertura	Secção Total de Ventilação
	$S/A \geq 1/3000$
	$S1/A \geq 1/5000$ $S2/A \geq 1/3000$

S – Caracteriza a secção total das aberturas em relação ao volume a ventilar entre o isolamento térmico e os elementos da cobertura;

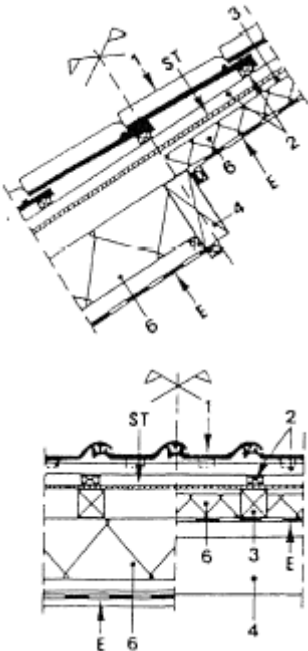
S1 – Caracteriza a secção das aberturas em relação ao volume a ventilar entre o ecrã de estanquidade e os elementos da cobertura;

S2 - Caracteriza a secção das aberturas em relação ao volume a ventilar entre o isolamento térmico e o ecrã de estanquidade.

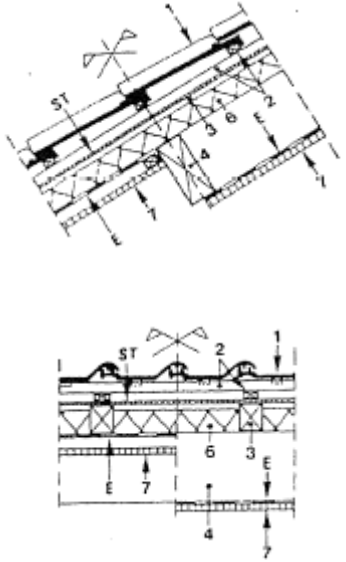
A – Área do tecto da cobertura

CSTC

Quadro 2 – Coberturas inclinadas com revestimento em telha cerâmica, betão ou ardósia natural

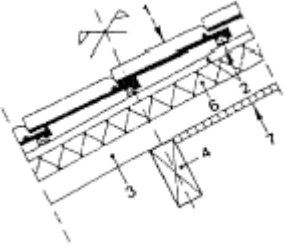
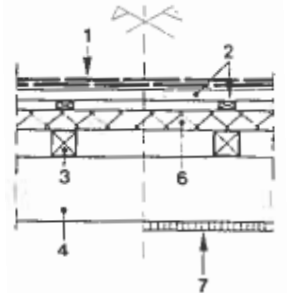
Esquema de princípio de composição da cobertura 1- Revestimento exterior 2- Ripado e contra-ripado 3- Vara 4- Madre 6- Isolamento térmico 7- Acabamento interior ST- Sub-telha, se previsto E- Barreira pára-vapor, se necessária	Sub-telha - ST	Material de isolamento térmico	Classe da barreira pára-vapor E, se necessária, em função da classe de clima interior. N: não é necessária qualquer barreira pára-vapor.		
			I	II	III
- Isolamento entre varas ou painéis ou entre elementos de estruturas ligeiras - Sub-telha, se previsto, colocado sobre o material de isolamento térmico 	Sem sub-telha	MW S-PSE	N N	E1 ⁽¹⁾ N	E1 ⁽¹⁾ N
	ST1	MW S-PSE	N N	E1 ⁽¹⁾ N	E1 ⁽¹⁾ N
	ST2	MW S-PSE	N N	E1 ⁽¹⁾ N	E2 ⁽¹⁾ E2 ⁽¹⁾

Quadro 3 – Coberturas inclinadas com revestimento em telha cerâmica, betão ou ardósia natural

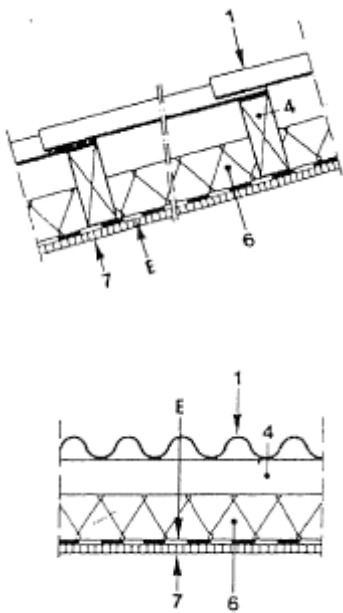
Esquema de princípio de composição da cobertura 1- Revestimento exterior 2- Ripado e contra-ripado 3- Vara 4- Madre 6- Isolamento térmico 7- Acabamento interior ST- Sub-telha, se previsto E- Barreira pára-vapor, se necessária	Sub-telha - ST	Material de isolamento térmico	Classe da barreira pára-vapor E, se necessária, em função da classe de clima interior.		
			I	II	III
- Isolamento entre varas ou painéis ou entre elementos de estruturas ligeiras - Acabamento interior aplicado sob as varas ou painéis ou sob elementos de estruturas ligeiras 	ST1	MW	N	E1 ⁽²⁾	E1 ⁽²⁾
		S-PSE	N	N	N*
	ST2	MW	N	E1 ⁽²⁾	E2 ⁽²⁾
		S-PSE	N	N	E2 ⁽²⁾

*Para o caso de coberturas inclinadas com revestimento em ardósia natural, é necessário aplicar uma barreira pára-vapor com classe E2, quando é utilizado um material de isolamento térmico S.

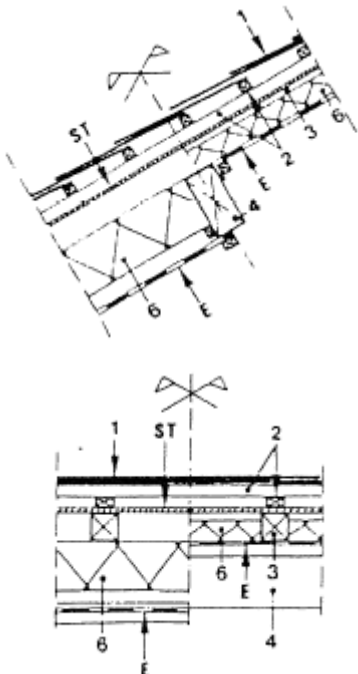
Quadro 4 – Coberturas inclinadas com revestimento em telha cerâmica, betão ou ardósia natural

Esquema de princípio de composição da cobertura 1- Revestimento exterior 2- Ripado e contra-ripado 3- Vara 4- Madre 6- Isolamento térmico 7- Acabamento interior ST- Sub-telha, se previsto E- Barreira pára-vapor, se necessária	Sub-telha - ST	Material de isolamento térmico	Classe da barreira pára-vapor E, se necessária, em função da classe de clima interior.		
			I	II	III
- Isolamento entre varas ou entre elementos de estruturas ligeiras - Isolamento entre varas ou entre elementos de estruturas ligeiras - Com ou sem acabamento interior  	Sem sub-telha	S-PSE	N	N	N

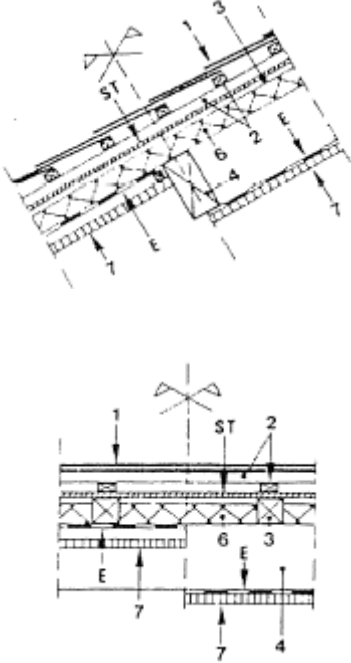
Quadro 5 – Coberturas inclinadas com revestimento em metal ou em materiais sintéticos

Esquema de princípio de composição da cobertura 1- Revestimento exterior 4- Madre 6- Isolamento térmico 7- Acabamento interior E- Barreira pára-vapor, se necessária	Acabamento das juntas e tipo de revestimento exterior	Material de isolamento térmico	Classe da barreira pára-vapor E, se necessária, em função da classe de clima interior. N: não é necessária qualquer barreira pára-vapor. X: o tipo de cobertura não é adequado		
			I	II	III
- Isolamento térmico entre as madres - Com ou sem acabamento interior 	Sem estanquidade:	MW S-SPE	N N	E1 ⁽¹⁾ N	X X
	- Metal ou material sintético				
	- Com estanquidade:				
	- Metal ou material sintético	MW S-PSE	N N	E1 ⁽¹⁾ N	X X

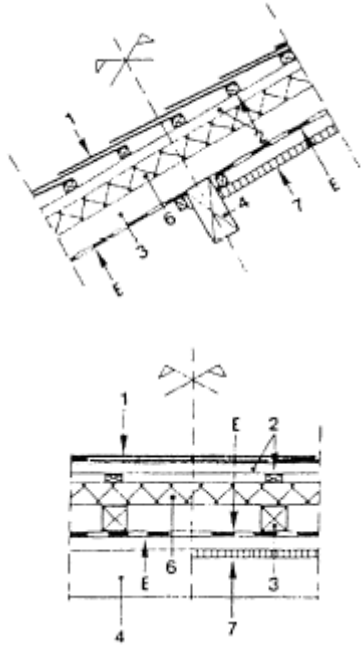
Quadro 6 – Coberturas inclinadas com revestimento em telha asfáltica

Esquema de princípio de composição da cobertura 1- Revestimento exterior 2- Ripado e contra-ripado 3- Vara 4- Madre 6- Isolamento térmico 7- Acabamento interior ST- Sub-telha, se previsto E- Barreira pára-vapor, se necessária	Sub-telha - ST	Material de isolamento térmico	Classe da barreira pára-vapor E, se necessária, em função da classe de clima interior.		
			I	II	III
- Isolamento entre varas ou painéis ou entre elementos de estruturas ligeiras - Sub-telha, se previsto, colocado sobre o material de isolamento térmico 	Sem sub-telha	MW	N	E1 ⁽¹⁾	E2 ⁽¹⁾
		S-PSE	N	N	E2 ⁽¹⁾
	ST1	MW	N	E1 ⁽¹⁾	E2 ⁽¹⁾
		S-PSE	N	N	E2 ⁽¹⁾
	ST2	MW	N	E1 ⁽¹⁾	E2 ⁽¹⁾
		S-PSE	N	N	E2 ⁽¹⁾

Quadro 7 – Coberturas inclinadas com revestimento em telha asfáltica

Esquema de princípio de composição da cobertura 1- Revestimento exterior 2- Ripado e contra-ripado 3- Vara 4- Madre 6- Isolamento térmico 7- Eventual acabamento interior ST- Sub-telha, se previsto E- Barreira pára-vapor, se necessária	Sub-telha - ST	Material de isolamento térmico	Classe da barreira pára-vapor E, se necessária, em função da classe de clima interior.		
			I	II	III
- Isolamento entre varas ou painéis ou entre elementos de estruturas ligeiras - Acabamento interior aplicado sob as varas ou painéis ou sob elementos de estruturas ligeiras 	ST1	MW S-PSE	N N	E1 ⁽²⁾ N	E2 ⁽²⁾ E2 ⁽²⁾
	ST2	MW S-PSE	N N	E1 ⁽²⁾ N	E2 ⁽²⁾ E2 ⁽²⁾

Quadro 8 – Coberturas inclinadas com revestimento em telha asfáltica

Esquema de princípio de composição da cobertura 1- Revestimento exterior 2- Ripado e contra-ripado 3- Vara 4- Madre 6- Isolamento térmico 7- Acabamento interior ST- Sub-telha, se previsto E- Barreira pára-vapor, se necessária	Sub-telha - ST	Material de isolamento térmico	Classe da barreira pára-vapor E, se necessária, em função da classe de clima interior.		
			I	II	III
- Isolamento entre varas ou painéis ou entre elementos de estruturas ligeiras - Com ou sem acabamento interior 	Sem sub-telha	S-PSE	N	N	E2 ⁽²⁾

Notas:

- (1) - A execução da barreira pára-vapor requer bastantes cuidados de maneira a ser eficaz;
- (2) – Se a resistência à difusão de vapor de água do acabamento interior satisfizer as exigências relativas às classes E1 ou E2, a colocação de uma barreira pára-vapor suplementar torna-se inútil.

3 – OBSERVAÇÕES

CSTB

- **Coberturas com revestimento em Telha Cerâmica**

Permeância máxima do tecto da cobertura:

$$Pe \leq 0,3 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$$

- **Coberturas com revestimento em Telha Asfáltica**

A secção total dos orifícios de ventilação deverá ser tal que:

$$S/A \geq 1/500$$

Espessura do espaço de ar ventilado entre o isolamento térmico e o suporte do revestimento exterior:

- < 4 cm para vertentes com menos de 12 m de largura;
- < 6 cm para vertentes de largura superior a 12 m.

Permeância do tecto da cobertura:

$$Pe \leq 0,06 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$$

- **Coberturas com revestimento em Placas Metálicas Onduladas**

A secção dos orifícios de ventilação deverá ser tal, que:

$$S/A \geq 1/500$$

- **Coberturas com revestimento em Folha de Zinco**

A secção dos orifícios de ventilação deverá ser tal, que:

$$S/A \geq 1/3000$$

Espessura mínima do espaço de ar ventilado:

- 4 cm para larguras da vertente ≤ 12 m ;
- 6 cm para larguras da vertente > 12 m.

CSTC

- A ventilação do eventual espaço de ar entre a sub-telha e o material de isolamento térmico não é exigida.
- A estanquidade ao ar do isolamento térmico deve ser assegurada, ou seja, é necessária a utilização de material de isolamento estanque e execução de juntas também estanques.

Se for utilizado um material de isolamento não estanque ao ar, é necessário aplicar uma folha que permita essa estanquidade sob a camada de isolamento térmico.

O acabamento interior do tecto pode eventualmente cumprir a função de camada de estanquidade ao ar.

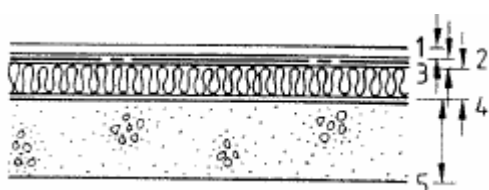
BIBLIOGRAFIA

- [1] Berthier, Jack. *Diffusion de Vapeur au Travers des Parois. Condensation*. REEF, Volume II – Sciences du Bâtiment, Paris, CSTB, 1980.
- [2] British Standards Institution (BSI). *British Standard Code of Practice for Control of Condensation in Buildings*. BS 5250:1989. Londres, 1989.
- [3] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Travaux de Couverture en Plaques Ondulées.Métalliques*. Document Technique Unifié – DTU 40.32. Paris, CSTB, 1967.
- [4] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couverture en Tuiles Plates en Béton*. Document Technique Unifié – DTU 40.25. Paris, CSTB, 1985.
- [5] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couvertures par Eléments Métalliques en Feuilles et Longues Feuilles en Zinc*. Document Technique Unifié – DTU 40.41. Paris, CSTB, 1987.
- [6] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couverture en Bardeaux Bitumés*. Document Technique Unifié – DTU 40.14. Paris, CSTB, 1993.
- [7] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couverture en Tuiles Canal de Terre Cuite*. Document Technique Unifié – DTU 40.22. Paris, CSTB, 1993.
- [9] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couvertures en Tuiles de Terre Cuite à Emboîtement ou à Glissement à Relief*. Document Technique Unifié – DTU 40.21. Paris, CSTB, 1997.
- [10] Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC). *Compositions de Toitures en fonction des données hygrothermiques – Toitures à versants. Toitures Plate*. Bruxelas, CSTC, 1980.

CONDENSAÇÕES INTERNAS – CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE

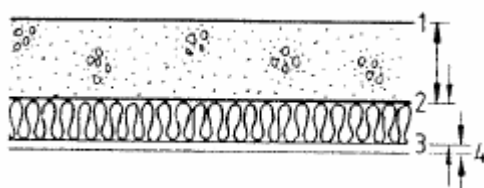

Regras de Concepção
PAVIMENTOS EXTERIORES ELEVADOS
FICHA
03.1
1 – CONFIGURAÇÃO DO ELEMENTO CONSTRUTIVO

- Pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sobre a estrutura de suporte.



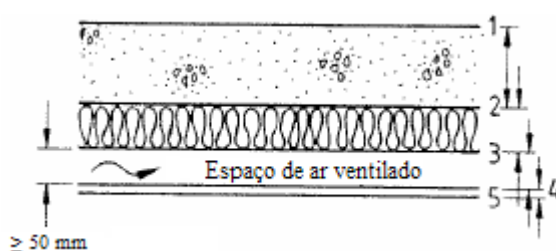
- 1 a 2 – Acabamento interior
- 2 a 3 – Barreira pára-vapor (se necessária)
- 3 a 4 – Isolamento térmico
- 4 a 5 – Laje de suporte

- Pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de baixa resistência à difusão de vapor de água.



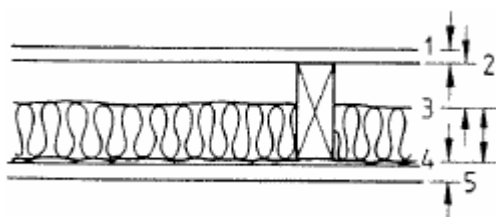
- 1 a 2 – Laje estrutural
- 2 a 3 – Isolamento térmico
- 3 a 4 – Revestimento exterior com baixa resistência à difusão de vapor de água

- Pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de elevada resistência à difusão de vapor de água.



- 1 a 2 – Laje estrutural
- 2 a 3 – Isolamento térmico
- 3 a 4 – Espaço de ar ventilado (mínimo de 50 mm)
- 4 a 5 – Revestimento exterior de elevada resistência à difusão de vapor de água

- Pavimentos exteriores elevados com acabamentos em madeira e estrutura de suporte descontínua.



- 1 a 2 – Acabamento em madeira
- 2 a 3 – Espaço de ar (opcional)
- 3 a 4 – Isolamento térmico
- 4 a 5 – Revestimento exterior

2 – REGRAS DE CONCEPÇÃO PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE CONDENSAÇÕES INTERNAS

- Pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sobre a estrutura de suporte.

Existe risco de ocorrência de condensações internas na face superior da laje de suporte quando o isolamento térmico se encontra sobre a mesma. Se for considerado prejudicial, aconselha-se a colocação de uma barreira pára-vapor sobre a camada de isolamento térmico com a seguinte permeância:

$$Pe < 4 \times 10^{-12} \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}) \quad [\text{BSI}] \quad (1.1)$$

- Pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de baixa resistência à difusão de vapor de água.

Os riscos de ocorrência de condensações internas são baixos desde que o isolamento térmico e o revestimento exterior apresentem fraca resistência à difusão de vapor de água.

- Pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de elevada resistência à difusão de vapor de água.

Nos casos em que o revestimento exterior apresentar elevada resistência à difusão de vapor de água é necessário criar um adequado espaço de ar ventilado entre o revestimento exterior e o isolamento térmico.

Espessura do espaço de ar:

$$e \geq 50 \text{ mm}$$

A ventilação deverá ser assegurada por aberturas em lados opostos do pavimento, com uma secção equivalente a uma abertura contínua de 25 mm de largura.

- Pavimentos exteriores elevados com acabamentos em madeira e estrutura de suporte descontínua.

Os riscos de ocorrência de condensações internas são baixos desde que as camadas subjacentes ao isolamento térmico sejam de baixa resistência à difusão de vapor de água.

BIBLIOGRAFIA

[2] British Standards Institution (BSI). *British Standard Code of Practice for Control of Condensation in Buildings*. BS 5250:1989. Londres, 1989.

CONDENSAÇÕES INTERNAS – CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE

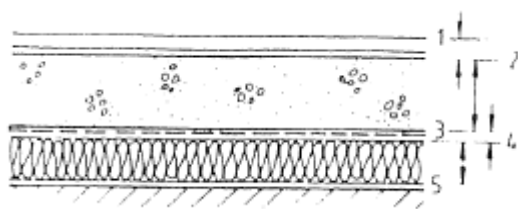


Regras de Concepção
PAVIMENTOS TÉRREOS

FICHA
03.2

1 – CONFIGURAÇÃO DO ELEMENTO CONSTRUTIVO

- Pavimentos térreos com isolamento térmico sob o massame



- 1 a 2 – Acabamento interior
- 2 a 3 – Massame de betão
- 3 a 4 – Membrana de estanquidade, também actuando como barreira pára-vapor
- 4 a 5 – Isolamento térmico rígido

2 – REGRAS DE CONCEPÇÃO PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE CONDENSAÇÕES INTERNAS

- Pavimentos térreos com isolamento térmico sob o massame

Os riscos de ocorrência de condensações internas são mais baixos se existir uma barreira pára-vapor sobre a camada de isolamento térmico com o seguinte limite de permeância:

$$Pe \leq 2 \times 10^{-12} \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}) \quad [\text{BSI}] \quad (2.1)$$

A barreira pára-vapor também actua como membrana de estanquidade.

BIBLIOGRAFIA

[2] British Standards Institution (BSI). *British Standard Code of Practice for Control of Condensation in Buildings*. BS 5250:1989. Londres, 1989.

CONDENSAÇÕES INTERNAS – CRITÉRIOS DE ACEITABILIDADE

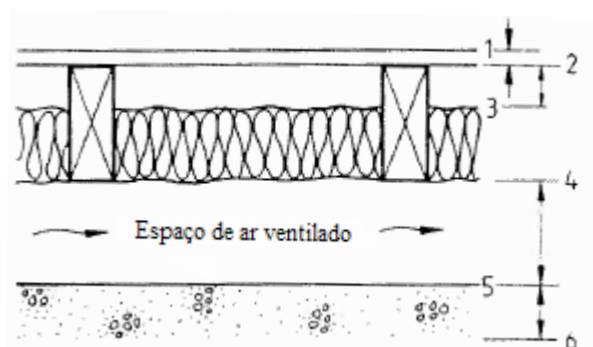


Regras de Concepção PAVIMENTOS SOBRE DESVÃO SANITÁRIO

FICHA
03.3

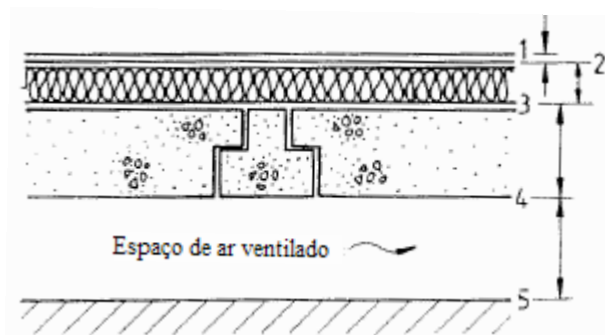
1 – CONFIGURAÇÃO DO ELEMENTO CONSTRUTIVO

- Pavimentos sobre desvão sanitário em madeira com estrutura de suporte descontínua.



- 1 a 2 – Acabamento interior em madeira
- 2 a 3 – Espaço de ar (opcional)
- 3 a 4 – Isolamento térmico
- 4 a 5 – Espaço de ar ventilado
- 5 a 6 – Betonilha de regularização

- Pavimentos sobre desvão sanitário com estrutura de suporte em laje prefabricada de betão



- 1 a 2 – Acabamento interior
- 2 a 3 – Isolamento térmico rígido
- 3 a 4 – Laje prefabricada de betão
- 4 a 5 – Espaço de ar ventilado

2 – REGRAS DE CONCEPÇÃO PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE CONDENSAÇÕES INTERNAS

- Pavimentos sobre desvão sanitário em madeira com estrutura de suporte descontínua.

Os riscos de ocorrência de condensações internas são baixos, contudo, deverá existir ventilação cruzada do espaço de ar.

A secção das aberturas de ventilação deverá respeitar o mais condicionante dos seguintes valores:

1. 1500 mm² por cada metro de desenvolvimento do perímetro do pavimento;
2. 500 mm² por cada m² de área de pavimento.

A camada de isolamento térmico e camada subjacentes deverão apresentar elevada resistência à difusão de vapor de água facilitando assim a secagem de qualquer humidade.

Barreiras pára-vapor não deverão ser utilizadas neste tipo de pavimentos.

- Pavimentos sobre desvão sanitário com estrutura de suporte em laje prefabricada de betão

Existe risco de ocorrência de condensações internas na face superior da laje prefabricada de betão, o que normalmente não é considerado prejudicial. Deverá ser aplicada uma barreira pára-vapor sobre a camada de isolamento térmico.

O espaço de ar deverá ser ventilado evitando assim humidades sob o pavimento.

BIBLIOGRAFIA

[2] British Standards Institution (BSI). *British Standard Code of Practice for Control of Condensation in Buildings*. BS 5250:1989. Londres, 1989.

5

VALIDAÇÃO DO CATÁLOGO DE REGRAS DE CONCEPÇÃO DE ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO

5.1. ESTRUTURA DE INFORMAÇÃO PRODUZIDA

As normas técnicas (CSTB, BSI e CSTC), definem regras de concepção para diferentes tipos de elemento construtivos, cuja síntese foi efectuada no subcapítulo 4.3.

Cada uma das dez fichas que constituem o catálogo de regras de concepção de elementos de construção corresponde a um elemento construtivo. Foram realizadas simulações recorrendo ao programa de cálculo *Condensa 13788*, identificando os resultados por siglas:

- EC** – Ocorrência de condensações internas prevendo-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão;
- C** – Ocorrência de condensações internas não se verificando a possibilidade da sua secagem por completo durante os meses de verão;
- S** – Sem ocorrência de condensações internas;
- OK** – Obedece à regra imposta na Ficha de regras de concepção do elemento de construção;
- KO** - Não obedece à regra imposta na Ficha de regras de concepção do elemento de construção.

Com o objectivo de facilitar a consulta da informação produzida neste trabalho elaboraram-se quadros síntese, como se expõe no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Quadro síntese

FICHA 01.1	Regras de concepção					Higrometria		
Constituição	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	Fraca I	Média II	Forte III
Simulação 1.1.1								
1 - Reboco exterior								
2 - Tijolo de 15								
3 - Caixa-de-ar	KO	OK	OK	KO	OK	S	EC	C
4 - Lã mineral								
5 - Barreira pára-vapor								
6 - Tijolo de 11								
7 - Reboco interior								

A constituição do elemento está descrita na primeira coluna. Os valores de higrometria são os que estão definidos no Quadro 2.3 (Fraca, Média e Forte). Quando se coloca a designação I, II e III, esta equivale aos valores de 5,4; 5,9; e 7,2 kg/m³.

5.2. PAREDES

5.2.1. FICHA 01.1 - PAREDES DUPLAS

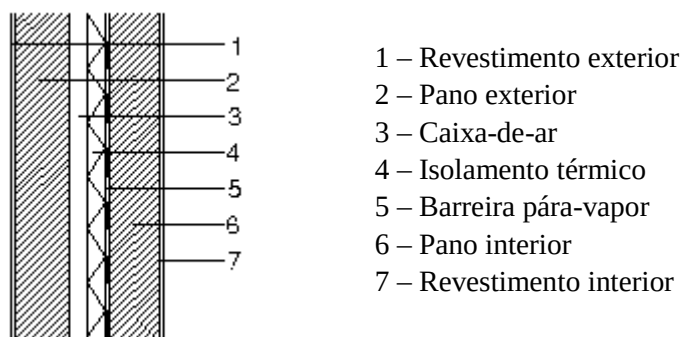


Fig.5.1 – Constituição de paredes duplas

5.2.1.1. Resultados

Quadro 5.2 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para paredes duplas

FICHA 01.1	Regras de concepção					Higrometria		
Constituição	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	Fraca	Média	Forte
Simulação 1.1.1								
1 - Reboco exterior								
2 - Tijolo de 15								
3 - Caixa-de-ar	OK	OK	OK	OK	-	S	S	S
4 - Lã mineral								
5 - Barreira pára-vapor								
6 - Tijolo de 11								
7 - Reboco interior								
Simulação 1.1.2								
1 - Reboco exterior								
2- Tijolo de 15								
3 - Caixa-de-ar	KO	OK	OK	KO	OK	S	S	S
4 - Poliestireno extrudido								
6 - Tijolo de 11								
7 - Reboco interior								
Simulação 1.1.3								
1 - Reboco exterior								
2 - Tijolo de 15								
3 - Caixa-de-ar	KO	OK	OK	KO	OK	S	S	EC / C
4 - Lã mineral								
6 - Tijolo de 11								
7 - Reboco interior								
Simulação 1.1.4								
1 - Reboco exterior								
2 - Blocos de 20	KO	OK	OK	KO	OK	S	S	S/EC
4 - Poliestireno extrudido								
6 - Tijolo de 7								
7- Reboco interior								
Simulação 1.1.5								
1 - Reboco exterior								
2 - Blocos de 20								
4 - Poliestireno extrudido	KO	OK	OK	KO	OK	S	S	S
5 - Barreira pára-vapor								
6 - Tijolo de 7								
7 - Reboco interior								

FICHA 01.1	Regras de concepção					Higrometria		
Constituição	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	Fraca	Média	Forte
Simulação 1.1.6								
1 - Reboco exterior								
2 - Blocos de 20								
3 - Caixa-de-ar	KO	OK	OK	KO	OK	S	S	EC/C
4 - Poliestireno expandido								
6 - Tijolo de 7								
7 - Reboco interior								

EC – Ocorrência de condensações internas prevendo-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão

C – Ocorrência de condensações internas não se verificando a possibilidade da sua secagem por completo durante os meses de verão

S – Sem ocorrência de condensações internas

5.2.1.2. Análise crítica dos resultados

- Em paredes duplas com aplicação de barreira pára-vapor (simulação 1.1.1 e 1.1.5), verifica-se que não existe risco de ocorrência de condensações internas;

- Quando são usados isolamentos térmicos com uma resistência térmica menor, isto é, lã mineral ou poliestireno expandido sem a aplicação da barreira pára-vapor (simulação 1.1.3 e 1.1.6) podem ocorrer condensações internas na face interior do pano exterior evaporando ou não durante os meses de verão, em locais de forte higrometria;

- Nos casos em que a caixa-de-ar é totalmente preenchida pelo isolamento térmico, sem aplicação de barreira pára-vapor (simulação 1.1.4) existe risco de ocorrência de condensações internas, para locais de higrometria forte. Contudo, prevê-se a sua secagem durante os meses de verão. Contrariamente, quando se aplica uma barreira pára-vapor (simulação 1.1.5) o mesmo não acontece;

- Nas paredes duplas referentes às simulações 1.1.3, 1.1.4 e 1.1.6, para locais de forte higrometria, regista-se ocorrência de condensações internas na face interior do pano exterior. Porém, tal problema pode ser desprezável desde que seja possível a sua evaporação completa durante os meses de verão não afectando o desempenho do elemento construtivo.

Nota: A constituição dos elementos construtivos adoptada para este estudo pretende efectuar uma análise absoluta de resultados. Contudo, a aplicabilidade de algumas camadas na constituição de diversos elementos construtivos poderá não corresponder a situações utilizadas na realidade.

5.2.2. FICHA 01.2 - PAREDES COM ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR E REVESTIMENTO POR PLACAGEM

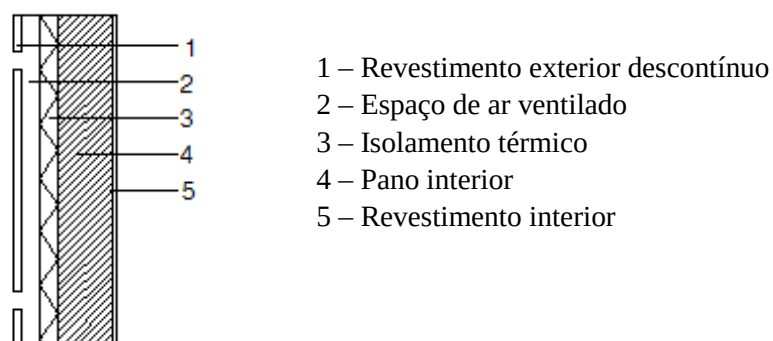


Fig.5.2 – Constituição de paredes com isolamento térmico pelo exterior e revestimento por placagem

5.2.2.1. Resultados

Quadro 5.3 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para paredes com isolamento térmico pelo exterior e revestimento por placagem

FICHA 01.2	Higrometria		
	Fraca	Média	Forte
Simulação 1.2.1			
3 - Poliestireno expandido	S	S	S
4 - Tijolo vazado de 22			
5 - Reboco interior			
Simulação 1.2.2			
3 – Poliestireno expandido	S	S	S
4 - Blocos de 20			
5 – Reboco interior			
Simulação 1.2.3			
3 – Lã mineral	S	S	S
4 - Tijolo vazado de 22			
5 - Reboco interior			
Simulação 1.2.4			
3 – Lã mineral	S	S	S
4 – Tijolo vazado de 22			
5 – Gesso cartonado			

S – Sem ocorrência de condensações internas

5.2.2.2. Análise crítica dos resultados

- Em paredes simples com isolamento térmico pelo exterior e revestimento em placagem, em que o ar entre o isolamento térmico e o revestimento exterior é adequadamente ventilado de acordo com as regras estabelecidas, não existe risco de ocorrência de condensações internas.

Nota: A constituição dos elementos construtivos adoptada para este estudo pretende efectuar uma análise absoluta de resultados. Contudo, a aplicabilidade de algumas camadas na constituição de diversos elementos construtivos poderá não corresponder a situações utilizadas na realidade.

5.2.3. FICHA 01.3 - PAREDES COM ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR E REVESTIMENTO DELGADO

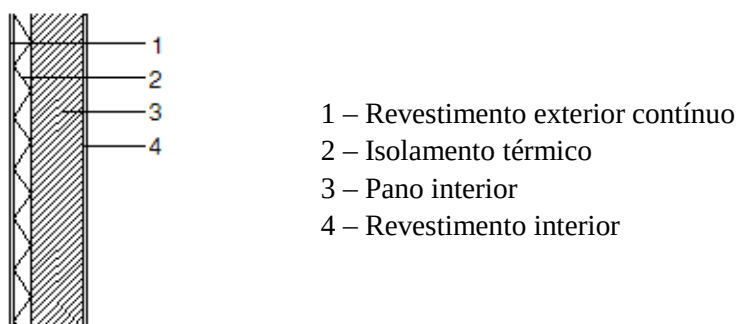


Fig.5.3 – Constituição de paredes com isolamento térmico pelo exterior e revestimento delgado

5.2.3.1. Resultados

Quadro 5.4 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para paredes com isolamento térmico pelo exterior e revestimento delgado

FICHA 01.3	Regras de concepção	Higrometria		
Constituição	3.1	Fraca	Média	Forte
Simulação 1.3.1				
1 - Reboco exterior	OK	S	S	S
2 – Poliestireno expandido				
3 – Tijolo vazado de 22				
4 – Reboco interior				
Simulação 1.3.2				
1 - Reboco exterior	OK	S	S	S
2- Poliestireno extrudido				
3 – Tijolo vazado de 22				
4 – Reboco interior				

S – Sem ocorrência de condensações internas

FICHA 01.3	Regras de concepção	Higrometria		
Constituição	3.1	Fraca	Média	Forte
Simulação 1.3.3				
1 - Reboco exterior	OK	S	S	S
2 – Poliestireno expandido				
3 – Blocos de 20				
4 – Reboco interior				

5.2.3.2. Análise crítica dos resultados

- Em paredes simples com isolamento térmico pelo exterior e revestimento delgado não existe risco de ocorrência de condensações internas desde que se cumpra a regra de concepção 3.1.

Nota: A constituição dos elementos construtivos adoptada para este estudo pretende efectuar uma análise absoluta de resultados. Contudo, a aplicabilidade de algumas camadas na constituição de diversos elementos construtivos poderá não corresponder a situações utilizadas na realidade.

5.2.4. FICHA 01.4 - PAREDES COM ISOLAMENTO TÉRMICO PELO INTERIOR

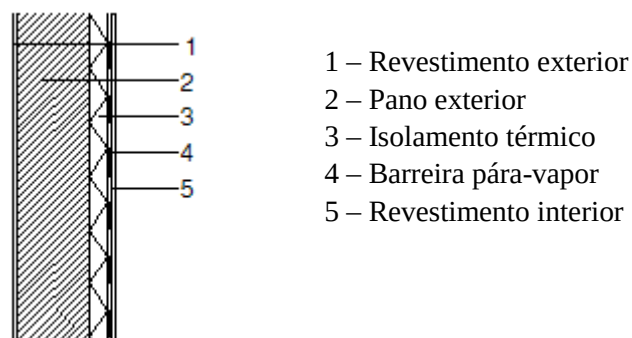


Fig.5.4 – Constituição de paredes com isolamento térmico pelo interior

5.2.4.1. Resultados

Quadro 5.5 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para paredes com isolamento térmico pelo interior

FICHA 01.4	Regras de concepção				Higrometria		
Constituição	4.1	4.2	4.3	4.4	Fraca	Média	Forte
Simulação 1.4.1							
1 - Reboco exterior							
2 – Tijolo vazado de 22	KO	OK	OK	OK	S	S	S
3 – Poliestireno expandido							
4 – Feltro betuminoso							
5 – Gesso cartonado							
Simulação 1.4.2							
1 - Reboco exterior							
2- Tijolo vazado de 22							
3 – Poliestireno expandido	OK	OK	OK	OK	S	S	S
4 – Membranas de betume-polímero							
5 – Gesso cartonado							
Simulação 1.4.3							
1 - Reboco exterior							
2 – Blocos de 20							
3 – Poliestireno expandido	OK	OK	OK	OK	S	S	S
4 – Membranas de betume-polímero							
5 – Gesso cartonado							

S – Sem ocorrência de condensações internas

5.2.4.2. Análise crítica dos resultados

- Para paredes simples com isolamento pelo interior é necessária a aplicação de barreiras pára-vapor entre a camada de isolamento térmico e o revestimento interior. Desta forma, cumpre as regras de concepção estabelecidas para este elemento não apresentando por isso qualquer problema de condensações internas. Mesmo para locais de forte higrometria não existe qualquer ocorrência de condensações internas em elementos construtivos com este tipo de constituição.

Nota: A constituição dos elementos construtivos adoptada para este estudo pretende efectuar uma análise absoluta de resultados. Contudo, a aplicabilidade de algumas camadas na constituição de diversos elementos construtivos poderá não corresponder a situações utilizadas na realidade.

5.3. COBERTURAS

5.3.1. FICHA 02.1 - COBERTURAS EM TERRAÇO

5.3.1.1. Resultados

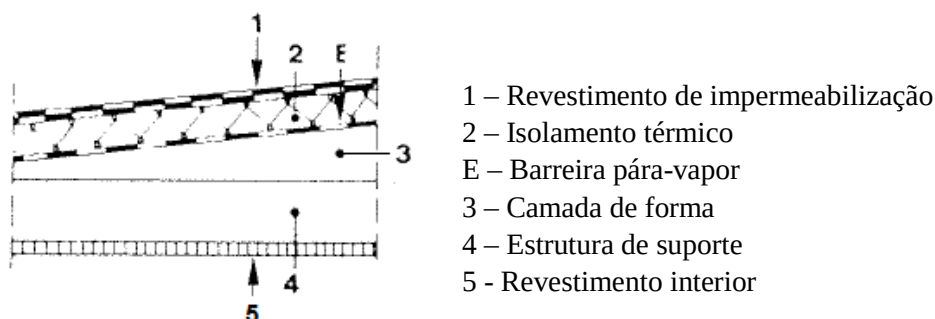


Fig.5.5 – Constituição de coberturas em terraço em que a camada de impermeabilização é colocada sobre a camada de isolamento térmico [10]

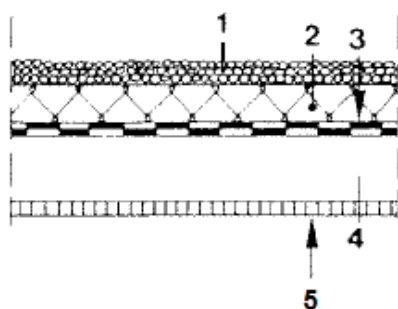
Quadro 5.6 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para coberturas em terraço em que a camada de impermeabilização é colocada sobre a camada de isolamento térmico

FICHA 02.1	Higrometria		
Constituição	I	II	III
Simulação 2.1.1			
1 - Membrana de pvc			
2 - Poliestireno expandido			
E - Membrana de betume-polimero	S	S	S
3 - Betonilha			
4 - Betão normal			
5 - Revestimento interior			
Simulação 2.1.2			
1 - Membrana de pvc			
2 - Lã mineral			
E - Membrana de betume-polimero	S	S	S
3 - Betonilha			
4 - Betão normal			
5 - Revestimento interior			
Simulação 2.1.3			
1 - Membrana de betume-polimero			
2 - Lã mineral			
E - Membrana de betume-polimero	EC	EC	EC
3 - Betonilha			
4 - Betão normal			
5 - Revestimento interior			

FICHA 02.1	Higrometria		
Constituição	I	II	III
Simulação 2.1.4			
1 - Membrana de pvc			
2 - Lã mineral			
E - Membrana de betume-polimero	S	S	S/EC
3 - Betonilha			
4 - Betão celular			
5 - Revestimento interior			
Simulação 2.1.5			
1 - Membrana de pvc			
2 - Poliestireno expandido			
E - Membrana de betume-polimero	S	S	S/EC/C
3 - Betonilha			
4 - Betão celular			
5 - Revestimento interior			
Simulação 2.1.6			
1 - Membrana de pvc			
2 - Perlite			
E - Membrana de betume-polimero	S	S	S
3 - Betonilha			
4 - Betão normal			
5 - Revestimento interior			
Simulação 2.1.7			
1 - Membrana de pvc			
2 - Poliestireno expandido	EC	EC	EC
3 - Betonilha			
4 - Betão normal			
5 - Revestimento interior			

EC – Ocorrência de condensações internas prevendo-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão

S – Sem ocorrência de condensações internas



- 1 – Revestimento exterior
- 2 – Isolamento térmico
- 3 – Camada de impermeabilização
- 4 – Estrutura de suporte
- 5 – Revestimento interior

Fig.5.6 – Constituição de coberturas em terraço em que a camada de impermeabilização é colocada sob a camada de isolamento térmico [10]

Quadro 5.7 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para coberturas em terraço em que a camada de impermeabilização é colocada sob a camada de isolamento térmico

FICHA 02.1	Higrometria		
Constituição	I	II	III
Simulação 2.2.1			
1 - Inerte grosso rolado			
2 - Poliestireno extrudido	S	S	S
3 - Membrana de betume-polímero			
4 - Betão celular			
5 - Revestimento interior			
Simulação 2.2.2			
1 - Inerte grosso rolado			
2 - Poliestireno extrudido	S	S	S
3 - Membrana de pvc			
4 - Betão celular			
5 - Revestimento interior			
Simulação 2.2.3			
1 - Inerte grosso rolado			
2 - Poliestireno extrudido	S	S	S
3 - Membrana de pvc			
4 - Betão normal			
5 - Revestimento interior			

S – Sem ocorrência de condensações internas

5.3.1.2. Análise crítica dos resultados

- A utilização de produtos de impermeabilização com elevada permeância ao vapor de água permite a obtenção de elementos construtivos sem problemas de condensações internas (simulação 2.1.1, 2.1.2 e 2.1.6). Contudo, para camadas de impermeabilização com baixo valor de permeância ao vapor de água (simulação 2.1.3) ocorrem condensações internas com possível secagem durante os meses de verão, para qualquer classe de higrometria. Pelo facto de neste tipo de coberturas em terraço as camadas de impermeabilização se encontrarem do lado exterior do elemento construtivo provocam o aumento das condensações internas no elemento devido ao fluxo de vapor de água ser ascendente;
- Para estruturas de suporte em betão celular, tanto com isolamento térmico de lã mineral, como de poliestireno expandido (simulação 2.1.4 e 2.1.5), para locais de forte higrometria, verifica-se que existe risco de ocorrência de condensações internas. Porém, com estruturas de suporte em betão normal tal não se verifica (simulação 2.1.1 e 2.1.2);
- Na simulação 2.1.7 em que não é aplicada uma barreira pára-vapor registam-se condensações internas com possível secagem durante os meses de verão nas três classes de higrometria. Contrariamente, quando a barreira pára-vapor é aplicada (simulação 2.1.1) o mesmo não ocorre;
- No caso das coberturas em terraço em que a camada de impermeabilização se encontra sob a camada de isolamento térmico (simulações 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3), estas não apresentam qualquer risco de condensações internas. A camada de impermeabilização de elevada resistência à difusão de vapor,

colocada entre o isolamento térmico e a estrutura de suporte, funciona como barreira pára-vapor, limitando a difusão de vapor através dos elementos e evitando assim problemas de ocorrência de condensações internas nos mesmos;

Nota: A constituição dos elementos construtivos adoptada para este estudo pretende efectuar uma análise absoluta de resultados. Contudo, a aplicabilidade de algumas camadas na constituição de diversos elementos construtivos poderá não corresponder a situações utilizadas na realidade.

5.3.2. FICHA 02.2 - COBERTURAS EM DESVÃO VENTILADO

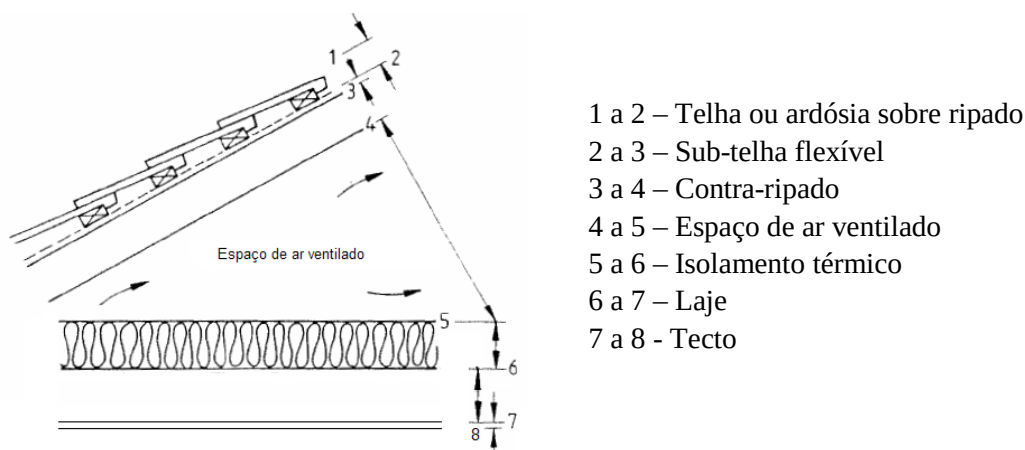


Fig.5.7 – Constituição de coberturas em desvão ventilado [2]

5.3.2.1. Resultados

Quadro 5.8 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para coberturas em desvão ventilado

FICHA 02.2 Constituição	Higrometria		
	Fraca	Média	Forte
Simulação 2.3.1			
5 a 6 – Poliestireno extrudido	S	S	S
6 a 7 - Betão normal			
7 a 8 - Revestimento interior			
Simulação 2.3.2			
5 a 6 - Lã mineral	S	S	S
6 a 7 - Betão normal			
7 a 8 - Revestimento interior			

S – Sem ocorrência de condensações internas

5.3.2.2. Análise crítica dos resultados

- As coberturas em desvão ventilado não apresentam qualquer problema de condensações internas nos elementos construtivos analisados desde que se cumpram as regras de concepção definidas. A adequada ventilação do espaço de ar permite chegar a resultados sem condensações internas em elementos construtivos com esta constituição.

Nota: A constituição dos elementos construtivos adoptada para este estudo pretende efectuar uma análise absoluta de resultados. Contudo, a aplicabilidade de algumas camadas na constituição de diversos elementos construtivos poderá não corresponder a situações utilizadas na realidade.

5.3.3. FICHA 02.3 - COBERTURAS INCLINADAS

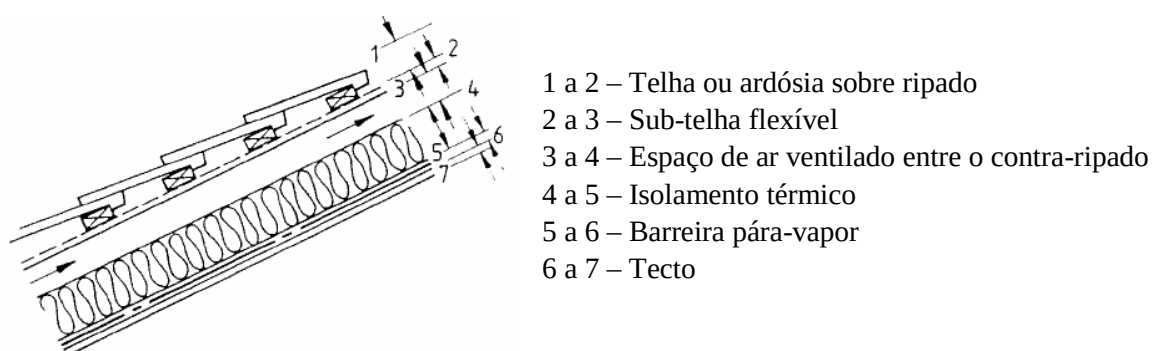


Fig.5.8 – Constituição de coberturas inclinadas [2]

5.3.3.1. Resultados

Quadro 5.9 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para coberturas inclinadas

FICHA 02.3 Constituição	Higrometria		
	I	II	III
Simulação 2.4.1			
4 a 5 – Lã mineral	S	S	S
6 a 7 – Gesso cartonado			
Simulação 2.4.2			
4 a 5 – Lã mineral	S	S	S
5 a 6 - Pintura			
6 a 7 – Gesso cartonado			
Simulação 2.4.3			
4 a 5 – Poliestireno expandido	S	S	S
6 a 7 – Gesso cartonado			

FICHA 02.3	Higrometria		
Constituição	I	II	III
Simulação 2.4.4			
4 a 5 – Poliestireno extrudido	S	S	S
6 a 7 – Gesso cartonado			
Simulação 2.4.5			
4 a 5 – Lã mineral	S	S	S
5 a 6 – Feltro betuminoso			
6 a 7 – Gesso cartonado			
Simulação 2.4.6			
4 a 5 – Poliestireno expandido	S	S	S
5 a 6 – Feltro betuminoso			
6 a 7 – Gesso cartonado			
Simulação 2.4.7			
4 a 5 – Lã mineral	S	S	S
Caixa de ar			
6 a 7 – Gesso cartonado			
Simulação 2.4.8			
4 a 5 – Lã mineral			
5 a 6 - Pintura	S	S	S
Caixa de ar			
6 a 7 – Gesso cartonado			
Simulação 2.4.9			
4 a 5 – Poliestireno expandido	S	S	S
Caixa de ar			
6 a 7 – Gesso cartonado			
Simulação 2.4.10			
4 a 5 – Lã mineral	S	S	S
Caixa de ar			
5 a 6 – Pintura de borracha			
6 a 7 – Gesso cartonado			
Simulação 2.4.11			
4 a 5 – Poliestireno extrudido	S	S	S
Caixa de ar			
5 a 6 – Feltro betuminoso			
6 a 7 – Gesso cartonado			

FICHA 02.3	Higrometria		
Constituição	I	II	III
Simulação 2.4.12			
4 a 5 – Lã mineral	S	S	S
Caixa de ar			
5 a 6 – Feltro betuminoso			
6 a 7 – Gesso cartonado			

S – Sem ocorrência de condensações internas

5.3.3.2. Análise crítica dos resultados

- As coberturas inclinadas são livres de qualquer ocorrência de condensações internas desde que se verifiquem as regras de concepção impostas.

Nota: A constituição dos elementos construtivos adoptada para este estudo pretende efectuar uma análise absoluta de resultados. Contudo, a aplicabilidade de algumas camadas na constituição de diversos elementos construtivos poderá não corresponder a situações utilizadas na realidade.

5.4. PAVIMENTOS

5.4.1. FICHA 03.1 - PAVIMENTOS EXTERIORES ELEVADOS

5.4.1.1. Resultados

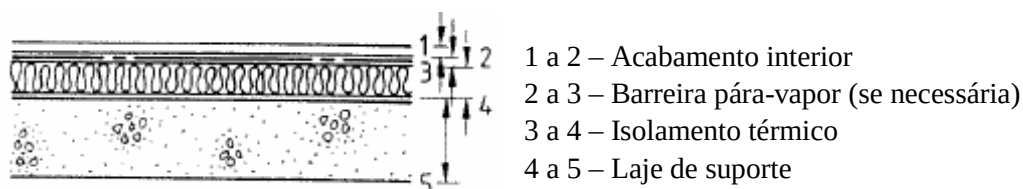


Fig.5.9 – Constituição de pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sobre a estrutura de suporte [2]

Quadro 5.10 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sobre a estrutura de suporte

FICHA 03.1	Regras de concepção	Higrometria		
Constituição	1.1	Fraca	Média	Forte
Simulação 3.1.1.1 e 3.1.1.2				
1 a 2 - Revestimento interior				
3 a 4 – Poliestireno extrudido/ poliestireno expandido	KO	S/EC	EC	EC/C
4 a 5 – Betão normal				

FICHA 03.1	Regras de concepção	Higrometria		
Constituição	1.1	Fraca	Média	Forte
Simulação 3.1.1.3				
1 a 2 - Revestimento interior	OK	S	S	S
2 a 3 – Folhas de alumínio				
3 a 4 – Lã mineral				
4 a 5 – Betão normal				
Simulação 3.1.1.4				
1 a 2 - Revestimento interior	OK	S	S	S
2 a 3 – Folhas de alumínio				
3 a 4 – Poliestireno expandido				
4 a 5 – Betão normal				
Simulação 3.1.1.5				
1 a 2 - Revestimento interior	OK	S	S	S
2 a 3 – Folhas de polietileno				
3 a 4 – Poliestireno extrudido				
4 a 5 – Betão normal				

EC – Ocorrência de condensações internas prevendo-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão

C – Ocorrência de condensações internas não se verificando a possibilidade da sua secagem por completo durante os meses de verão

S – Sem ocorrência de condensações internas

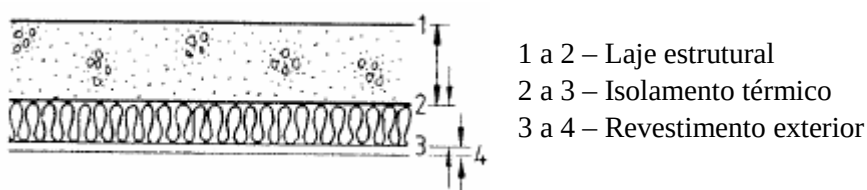


Fig.5.10 – Constituição de pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de baixa resistência à difusão de vapor de água [2]

Quadro 5.11 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de baixa resistência à difusão de vapor de água

FICHA 03.1	Higrometria		
	Fraca	Média	Forte
Constituição			
Simulação 3.1.2.1			
1 a 2 – Betão normal	S	S	S
2 a 3 – Poliestireno expandido			
3 a 4 – Revestimento exterior			
Simulação 3.1.2.2			
1 a 2 – Betão normal	S	S	S
2 a 3 – Poliestireno extrudido			
3 a 4 – Revestimento exterior			
Simulação 3.1.2.3			
1 a 2 – Betão normal	S	S	S
2 a 3 – Lã mineral			
3 a 4 – Revestimento exterior			

S – Sem ocorrência de condensações internas

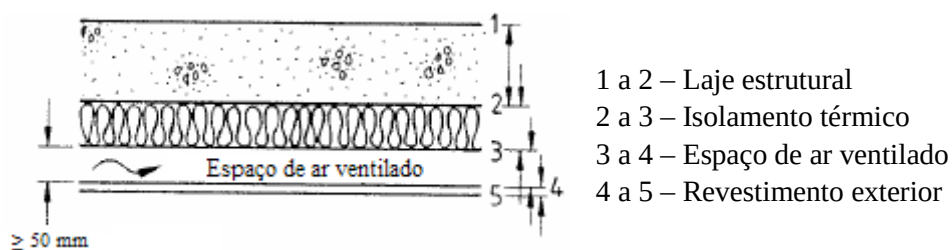


Fig.5.11 – Constituição de pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de elevada resistência à difusão de vapor de água [2]

Quadro 5.12 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de elevada resistência à difusão de vapor de água

FICHA 03.1	Higrometria		
Constituição	Fraca	Média	Forte
Simulação 3.1.3.1			
1 a 2 – Betão normal	S	S	S
2 a 3 – Poliestireno extrudido			
Simulação 3.1.3.2			
1 a 2 – Betão normal	S	S	S
2 a 3 – Poliestireno expandido			

S – Sem ocorrência de condensações internas

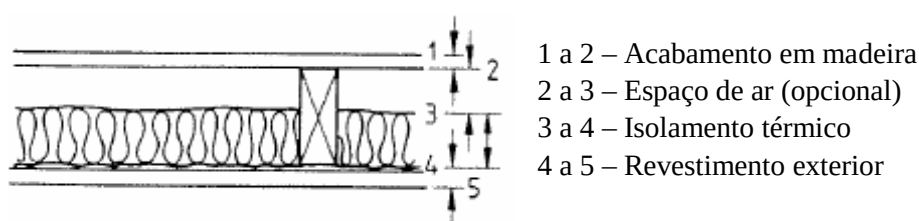


Fig.5.12 – Constituição de pavimentos exteriores elevados com acabamento em madeira e estrutura de suporte descontínua [2]

Quadro 5.13 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para pavimentos exteriores elevados com acabamentos em madeira e estrutura de suporte descontínua

FICHA 03.1	Higrometria		
Constituição	Fraca	Média	Forte
Simulação 3.1.4.1			
1 a 2 – Revestimento interior em madeira			
2 a 3 – Espaço de ar	S	S	S
3 a 4 – Poliestireno extrudido			
4 a 5 – Revestimento exterior			
Simulação 3.1.4.2			
1 a 2 – Revestimento interior em madeira			
2 a 3 – Espaço de ar	S	S	S
3 a 4 – Poliestireno expandido			
4 a 5 – Revestimento exterior			
Simulação 3.1.4.3			
1 a 2 – Revestimento interior em madeira			
3 a 4 – Poliestireno extrudido	S	S	S
4 a 5 – Revestimento exterior			

FICHA 03.1	Higrometria		
	Fraca	Média	Forte
Constituição			
Simulação 3.1.4.4			
1 a 2 – Revestimento interior em madeira	S	S	S/EC
3 a 4 – Lã mineral			
4 a 5 – Revestimento exterior			
Simulação 3.1.4.5			
1 a 2 – Revestimento interior em madeira			
2 a 3 – Espaço de ar	S	S	S/EC
3 a 4 – Lã mineral			
4 a 5 – Revestimento exterior			

EC – Ocorrência de condensações internas prevendo-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão

S – Sem ocorrência de condensações internas

5.4.1.2. Análise crítica dos resultados

- Existe risco de ocorrência de condensações internas nos pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sobre a estrutura de suporte, quando não é aplicada qualquer barreira pára-vapor (simulação 3.1.1.1. e 3.1.1.2). As condensações internas ocorrem na face superior da laje de suporte em locais de forte higrometria podendo não se verificar a completa secagem durante os meses de verão. No sentido de solucionar este problema aplica-se uma barreira pára-vapor entre a camada de isolamento térmico e o revestimento interior (simulação 3.1.1.3, 3.1.1.4 e 3.1.1.5) de acordo com a regra de concepção 1.1;
- Em pavimentos exteriores elevados com isolamento térmico aplicado sob a estrutura de suporte e revestimento exterior de baixa e elevada resistência à difusão, não existe risco de ocorrência de condensações internas desde que esteja de acordo com as regras de concepção;
- No caso de pavimentos com acabamentos em madeira e estrutura de suporte descontínua utilizando isolamentos térmicos com baixa resistência à difusão de vapor (simulações 3.1.4.4 e 3.1.4.5), verifica-se a existência de condensações internas para locais de forte higrometria, ocorrendo entre o revestimento exterior e a camada de isolamento térmico;
- Das condensações internas que podem ocorrer, prevê-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão. Porém, uma vez que o acabamento interior é em madeira e por isso, sensível à humidade, estas terão que ser nulas. Como solução é indicado utilizar revestimentos exteriores com baixa resistência à difusão de vapor de água.

Nota: A constituição dos elementos construtivos adoptada para este estudo pretende efectuar uma análise absoluta de resultados. Contudo, a aplicabilidade de algumas camadas na constituição de diversos elementos construtivos poderá não corresponder a situações utilizadas na realidade.

5.4.2. FICHA 03.2 - PAVIMENTOS TÉRREOS

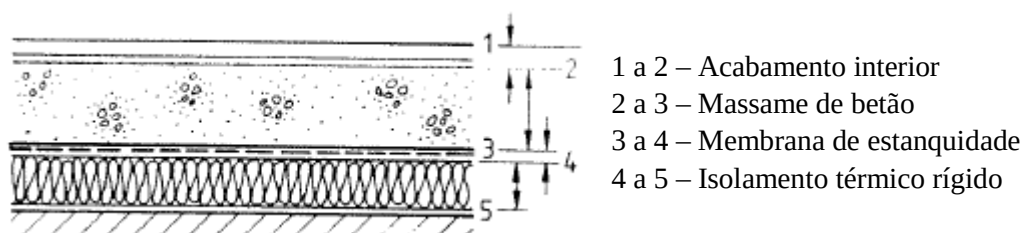


Fig.5.13 – Constituição de pavimentos térreos com isolamento térmico sob o massame [2]

5.4.2.1. Resultados

Quadro 5.14 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para pavimentos térreos com isolamento térmico sob o massame

FICHA 03.2	Regra de concepção	Higrometria		
Constituição	2.1	Fraca	Média	Forte
Simulação 3.2.1				
1 a 2 – Revestimento interior	OK	S	S	C
2 a 3 – Betão normal				
3 a 4 – Folha de alumínio				
4 a 5 – Poliestireno extrudido				
Simulação 3.2.2				
1 a 2 – Revestimento interior	OK	S	S	C
2 a 3 – Betão normal				
3 a 4 – Folha de polietileno				
4 a 5 – Poliestireno extrudido				

C – Ocorrência de condensações internas não se verificando a possibilidade da sua secagem por completo durante os meses de verão

S – Sem ocorrência de condensações internas

5.4.2.2. Análise crítica dos resultados

- Os pavimentos térreos com isolamento térmico sob o massame apresentam ocorrência de condensações internas para locais de forte higrometria. No caso das condensações serem prejudiciais aos materiais constituintes do pavimento (por exemplo madeiras) estas terão que ser consideradas nulas, o que apenas permitirá o uso dos mesmos para locais de fraca e média higrometria.

Nota: A constituição dos elementos construtivos adoptada para este estudo pretende efectuar uma análise absoluta de resultados. Contudo, a aplicabilidade de algumas camadas na constituição de diversos elementos construtivos poderá não corresponder a situações utilizadas na realidade.

5.4.3. FICHA 03.3 - PAVIMENTOS SOBRE DESVÃO SANITÁRIO

5.4.3.1. Resultados

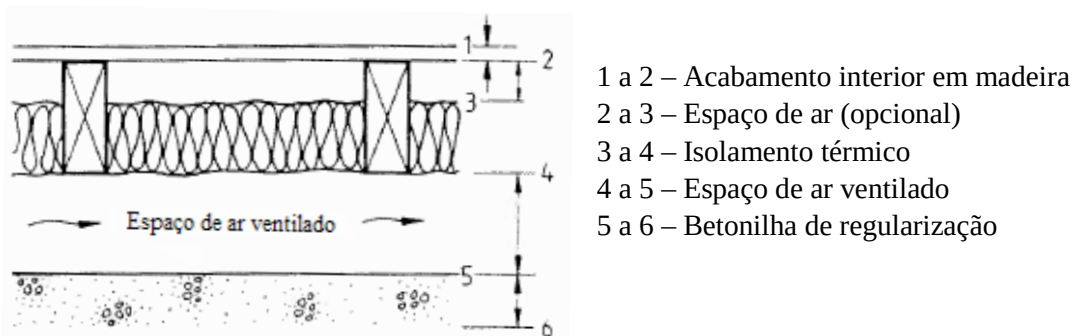


Fig.5.14 – Constituição de pavimentos sobre desvão sanitário em madeira com estrutura de suporte descontínua [2]

Quadro 5.15 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para pavimentos sobre desvão sanitário em madeira com estrutura de suporte descontínua

FICHA 03.3	Higrometria		
	Fraca	Média	Forte
Constituição			
Simulação 3.3.1.1			
1 a 2 – Acabamento interior em madeira	S	S	S
2 a 3 – Espaço de ar			
3 a 4 – Poliestireno extrudido			
Simulação 3.3.1.2			
1 a 2 – Acabamento interior em madeira	S	S	S
2 a 3 – Espaço de ar			
3 a 4 – Lã mineral			
Simulação 3.3.1.3			
1 a 2 – Acabamento interior em madeira	S	S	S
3 a 4 – Poliestireno extrudido			

S – Sem ocorrência de condensações internas

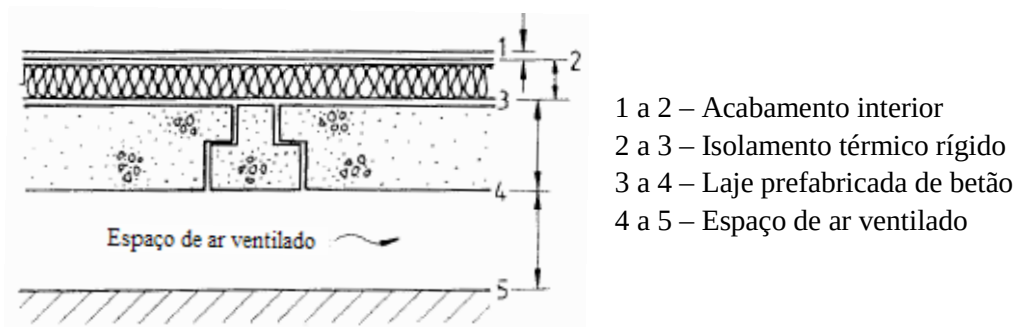


Fig.5.15 – Constituição de pavimentos sobre desvão sanitário com estrutura de suporte em laje prefabricada de betão [2]

Quadro 5.16 – Resultados das simulações efectuadas com o programa *Condensa 13788* para pavimentos sobre desvão sanitário com estrutura de suporte em laje prefabricada de betão

FICHA 03.3	Higrometria		
	Fraca	Média	Forte
Simulação 3.3.2.1			
1 a 2 – Revestimento interior			
2 a 3 – Feltro betuminoso	S	S/EC	EC
3 a 4 – Poliestireno extrudido			
4 a 5 – Betão normal			
Simulação 3.3.2.2			
1 a 2 – Revestimento interior			
2 a 3 – Membranas de betume-polímero	S	S	S
3 a 4 – Poliestireno extrudido			
4 a 5 – Betão normal			
Simulação 3.3.2.3			
1 a 2 – Revestimento interior			
2 a 3 – Folha de PVC	S	S	S/EC
3 a 4 – Poliestireno extrudido			
4 a 5 – Betão normal			

EC – Ocorrência de condensações internas prevendo-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão

S – Sem ocorrência de condensações internas

5.4.3.2. Análise crítica dos resultados

- Os pavimentos sobre desvão sanitário em madeira com estrutura de suporte contínua não apresentam risco de ocorrência de condensações internas nas soluções construtivas analisadas, mesmo para locais de forte higrometria desde que cumpra as regras de concepção;
- Os pavimentos sobre desvão sanitário com estrutura de suporte em laje prefabricada de betão apresentam condensações internas com possível secagem durante os meses de verão, para locais de média e forte higrometria (simulação 3.3.2.1 e 3.3.2.3).
- Aplicando barreiras pára-vapor com uma permeância ao vapor de água mais elevada (simulação 3.3.2.1 e 3.3.2.3) agrava-se o risco de ocorrência de condensações internas. Porém, se as condensações não forem prejudiciais aos materiais utilizados não haverá qualquer problema.

Nota: A constituição dos elementos construtivos adoptada para este estudo pretende efectuar uma análise absoluta de resultados. Contudo, a aplicabilidade de algumas camadas na constituição de diversos elementos construtivos poderá não corresponder a situações utilizadas na realidade.

6

CONCLUSÕES

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi elaborado um catálogo de regras de concepção para paredes, coberturas e pavimentos retiradas de bibliografia estrangeira. Estas regras permitem evitar e minimizar os riscos de ocorrência de condensações internas nos elementos.

A norma EN ISO 13788 apresenta uma metodologia baseada no método GLASER para o cálculo das condensações internas, considerando o efeito da secagem. O programa de cálculo automático *Condensa 13788*, trata-se de uma ferramenta essencial para a avaliação do risco de condensações internas em elementos construtivos. Uma vez que foi desenvolvido mais recentemente já considera o efeito da secagem expresso na norma EN ISO 13788.

6.2. SÍNTESE CRÍTICA DOS RESULTADOS

Da análise efectuada é possível tirar às seguintes conclusões:

- Nas paredes duplas em que ocorram algumas condensações é importante proceder à recolha e evaporação conveniente da água de condensação através de orifícios de drenagem e ventilação adequada do espaço de ar do elemento. É aconselhado o uso de isolamentos térmicos com uma resistência térmica mais elevada e baixa permeabilidade ao vapor;
- A utilização de barreiras pára-vapor para paredes duplas permite resolver de forma eficiente os problemas de condensações internas no elemento construtivo. No entanto, não é necessária a sua aplicação generalizada;
- Em paredes simples com isolamento térmico pelo exterior (placagem ou delgado) não são necessárias grandes precauções relativamente ao risco de ocorrência de condensações internas, pois de acordo com as regras de concepção não existem problemas nas soluções construtivas analisadas;
- Verifica-se que as barreiras pára-vapor são de grande importância, para eliminar o risco de condensações internas em paredes com isolamento térmico pelo interior. As regras de concepção adoptadas para paredes duplas são também aplicadas a paredes simples com isolamento térmico pelo interior;
- As coberturas em terraço em que a camada de impermeabilização é colocada sobre a camada de isolamento térmico, normalmente obrigam à colocação de barreiras pára-vapor, entre a camada de isolamento e a camada de forma;

- Contrariamente, as coberturas em terraço em que a camada de impermeabilização se encontra sob a camada de isolamento térmico não têm problemas de condensações internas. A camada de impermeabilização de elevada resistência à difusão de vapor de água colocada sob a camada de isolamento térmico funciona como barreira pára-vapor evitando problemas de ocorrência de condensações internas no elemento construtivo;
- A ventilação adequada dos espaços de ar em coberturas em desvão, permite eliminar e reduzir os riscos de ocorrência de condensações internas;
- Em qualquer um dos pavimentos exteriores elevados, o risco de ocorrência de condensações internas é muito baixo permitindo o uso de revestimentos interiores sensíveis à humidade como é o caso das madeiras que se degradam com a presença de água;
- Os pavimentos térreos com isolamento térmico sob o massame apresentam riscos de ocorrência de condensações internas para locais de forte higrometria, logo, é necessário que estas situações se estudem caso a caso;
- Finalizando, os pavimentos sobre desvão sanitário apresentam baixo risco de ocorrência de condensações internas devido à ventilação do espaço de ar existente neste tipo de pavimentos;
- O catálogo apresentado define um conjunto de regras de concepção que permite o pré-dimensionamento dos elementos construtivos;
- O Capítulo 5 apresenta para as várias soluções construtivas o risco de ocorrência de condensações internas em função da higrometria.

6.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS DA INVESTIGAÇÃO NESTE DOMÍNIO

A elaboração deste trabalho pretende contribuir para a melhoria na concepção dos elementos construtivos face ao fenómeno de difusão de vapor, principalmente, ao das condensações internas. Contudo, ainda existe um vasto campo de investigação neste domínio.

Considera-se importante desenvolver no futuro os seguintes aspectos:

- Elaboraões de um catálogo mais completo em que possa ser incluído um conjunto de soluções construtivas que não apresentem condensações internas, ou que estas sejam aceitáveis;
- Desenvolvimento de estudos mais alargados em que seja possível definir regras mais específicas em função do clima exterior.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Berthier, Jack. *Diffusion de Vapeur au Travers des Parois. Condensation*. REEF, Volume II – Sciences du Bâtiment, Paris, CSTB, 1980.
- [2] British Standards Institution (BSI). *British Standard Code of Practice for Control of Condensation in Buildings*. BS 5250:1989. Londres, 1989.
- [3] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Travaux de Couverture en Plaques Ondulées.Métalliques*. Document Technique Unifié – DTU 40.32. Paris, CSTB, 1967.
- [4] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couverture en Tuiles Plates en Béton*. Document Technique Unifié – DTU 40.25. Paris, CSTB, 1985.
- [5] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couvertures par Eléments Métalliques en Feuilles et Longues Feuilles en Zinc*. Document Technique Unifié – DTU 40.41. Paris, CSTB, 1987.
- [6] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couverture en Bardeaux Bitumés*. Document Technique Unifié – DTU 40.14. Paris, CSTB, 1993.
- [7] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couverture en Tuiles Canal de Terre Cuite*. Document Technique Unifié – DTU 40.22. Paris, CSTB, 1993.
- [8] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Ouvrages en Maçonnerie de Petits Éléments – Parois et Murs*. Document Technique Unifié – DTU 20.1. Paris, CSTB, 1995.
- [9] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). *Couvertures en Tuiles de Terre Cuite à Emboîtement ou à Glissement à Relief*. Document Technique Unifié – DTU 40.21. Paris, CSTB, 1997.
- [10] Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC). *Compositions de Toitures en fonction des données hygrothermiques – Toitures à versants. Toitures Plate*. Bruxelas, CSTC, 1980.
- [11] Couasnet, Yves. *Les Condensations dans les Bâtiments, Guide pratique et elements d'analyse*. Paris, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 1990.
- [12] European Committee for Standardization (CEN). *Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation – Calculation methods (ISO 13788:2001)*. CEN, Bruxelas, Julho de 2001.
- [13] Faustino, Jorge. *Análise de Soluções Construtivas Face à Difusão de Vapor. Importância da composição e do clima*. Dissertação de mestrado, LFC/FEUP, Porto, 1997.
- [14] Freitas, Vasco Peixoto de. *Transferência de Humidade em Paredes de Edifícios. Análise do fenómeno de interface*. – Tese de doutoramento. Porto, FEUP, 1992.
- [15] Freitas, Vasco Peixoto de., Pinto, Manuel. *Metodologia para a Definição Exigencial de Isolantes Térmicos*. Nota de Informação Técnica – NIT_001. LFC/FEUP, Porto, 1997.
- [16] Freitas, Vasco Peixoto de., Pinto, Paulo da Silva. *Permeabilidade ao Vapor de Materiais de Construção – Condensações Internas*. Nota de Informação Técnica – NIT_002. LFC/FEUP, Porto, 1998.
- [17] Freitas, Vasco Peixoto de. *Ventilação de Edifícios de Habitação. Sistemas Mistos*. LFC/FEUP, Porto.
- [18] Pinto, Paulo. *Caracterização de Barreiras Pára-vapor e Sua Aplicação*. Dissertação de mestrado, LFC/FEUP, Porto, 2002.

[19] *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE*. Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de Abril. Porto, Porto Editora, 2006.

[20] Santos, C. A. Pina dos., Matias, Luís. *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. ICT Informação Técnica, Edifícios - ITE 50, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2006.

ANEXO – Simulações – Programa CONDENSE 13788

1. PAREDES

1.1. PAREDES DUPLAS

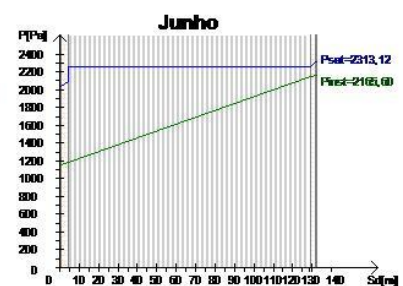
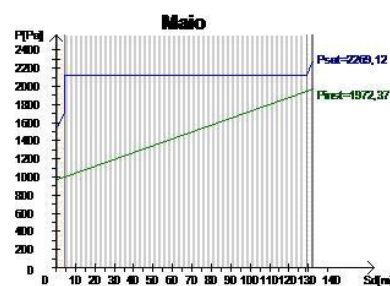
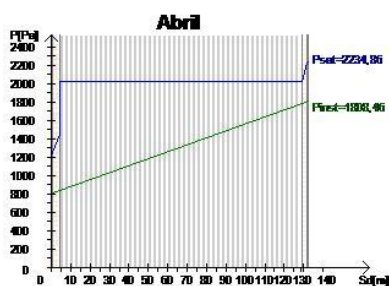
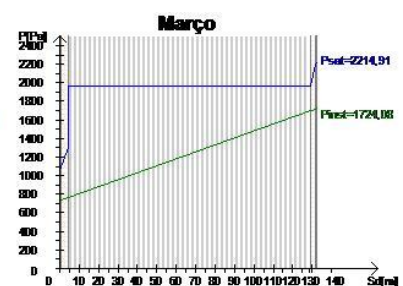
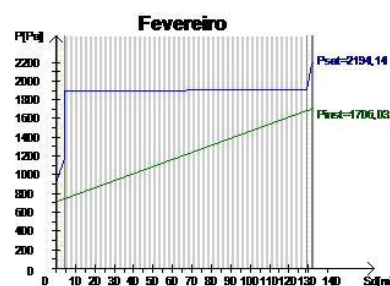
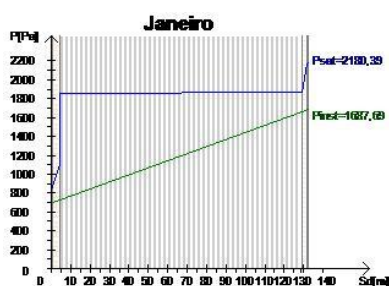
▪ Simulação 1.1.1

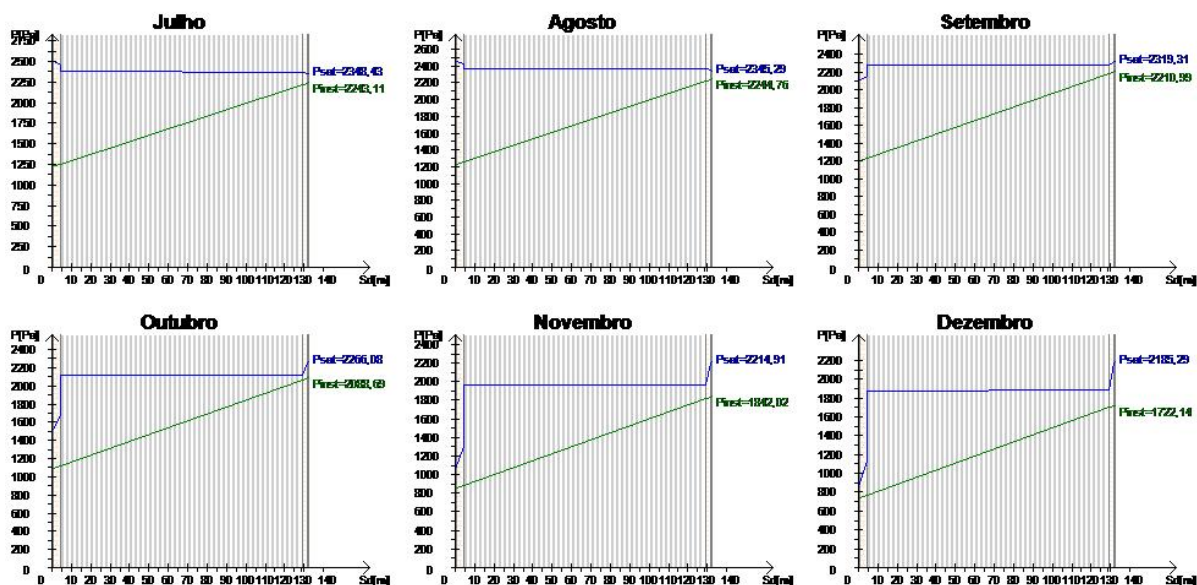
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
►	Reboco exterior	1,3	28	0,02	
	Tijolo de 15	0,38	23,7	0,15	
	Caixa de ar	0,11	1	0,02	
	Lã mineral	0,04	1,3	0,03	
	Barreira pára-vapor	0,23	50000	0,0025	
	Tijolo de 11	0,41	23,7	0,11	
	Reboco interior	1,3	28	0,02	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maiο	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





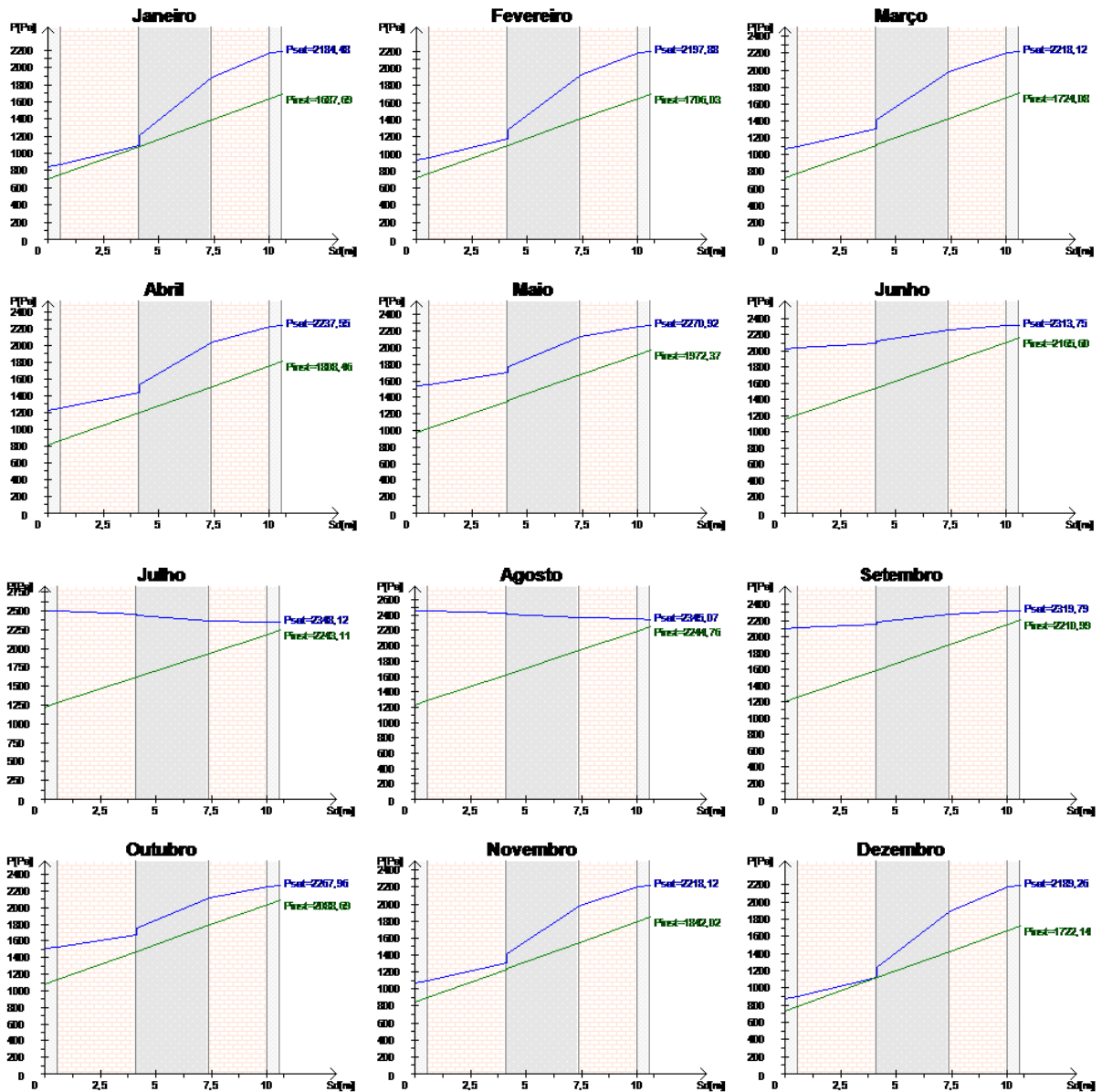
▪ Simulação 1.1.2

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
►	Reboco exterior	1,3	28	0,02	
	Tijolo de 15	0,38	23,7	0,15	
	Caixa de ar	0,11	1	0,02	
	Poliestireno extrudido	0,037	110	0,03	
	Tijolo de 11	0,41	23,7	0,11	
	Reboco interior	1,3	28	0,02	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maió	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



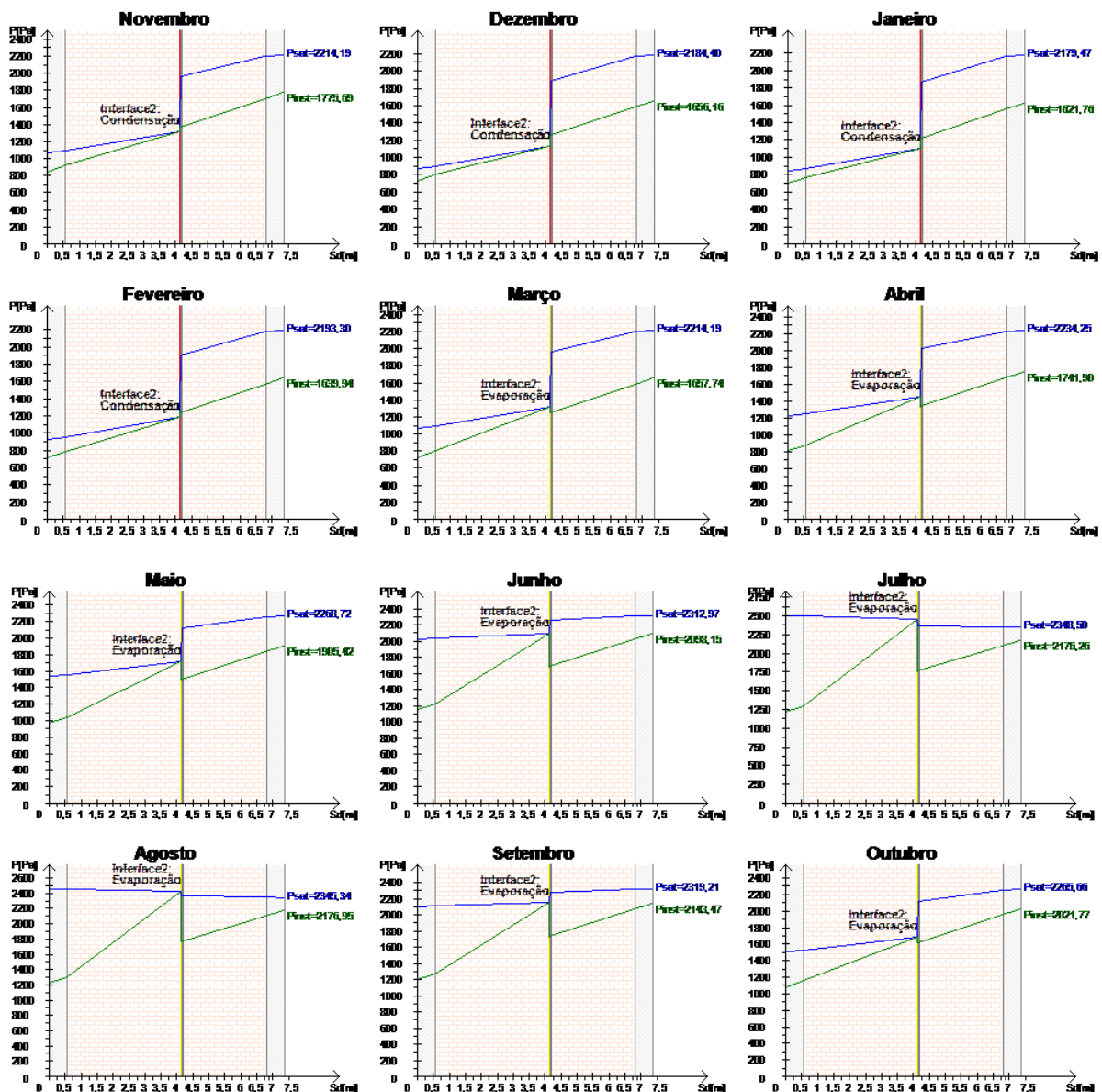
▪ Simulação 1.1.3

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Reboco exterior	1,3	28	0,02	
	Tijolo de 15	0,38	23,7	0,15	
	Caixa de ar	0,11	1	0,02	
	Lã mineral	0,04	1,3	0,03	
	Tijolo de 11	0,41	23,7	0,11	
	Reboco interior	1,3	28	0,02	
*					

Resultados da Análise										
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]	g_{c2} [kg/(m²s)]	$Ma2$ [Kg/m²]
►	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7	1775,68	6,07E-09	0,0157
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7	1656,15	1,20E-06	3,2169
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7	1621,76	1,28E-08	3,2511
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7	1639,94	5,73E-09	3,2650
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7	1657,74	-6,98E-09	3,2463
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7	1741,90	-1,29E-08	3,2128
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7	1905,41	-2,40E-08	3,1485
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7	2098,14	-4,60E-08	3,0293
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7	2175,26	-7,75E-08	2,8216
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7	2176,94	-7,36E-08	2,6245
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7	2143,47	-4,77E-08	2,5010
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7	2021,76	-8,38E-09	2,4786

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise, não se verificando a possibilidade da sua secagem por completo durante os meses de verão. Deverão ser alteradas as características do elemento em estudo para que seja possível utilizá-lo sob as condições climáticas escolhidas.



▪ Simulação 1.1.4

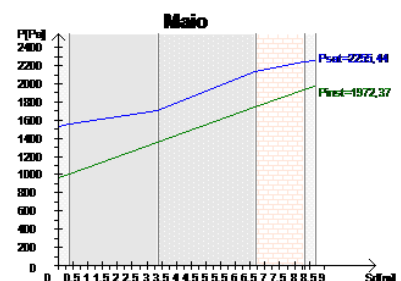
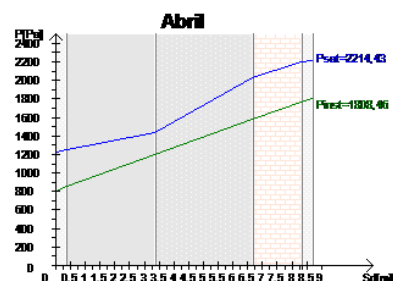
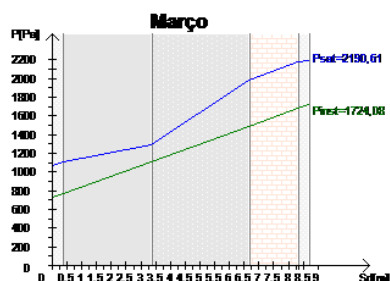
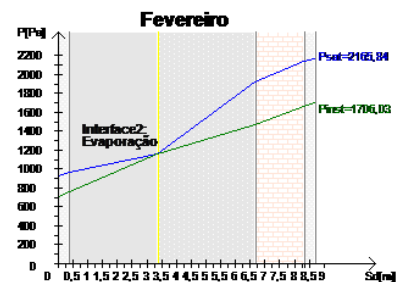
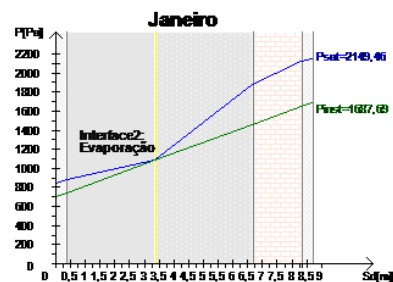
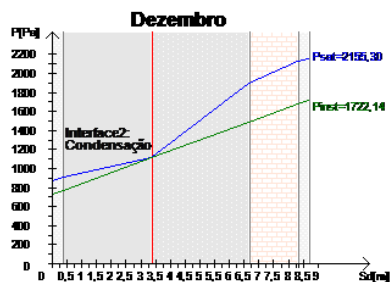
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Reboco exterior	1,3	18	0,02	
	Blocos de 20	0,67	15	0,2	
	Poliestireno extrudido	0,037	110	0,03	
	Tijolo de 7	0,37	23,7	0,07	
	Reboco interior	1,3	18	0,02	
*					

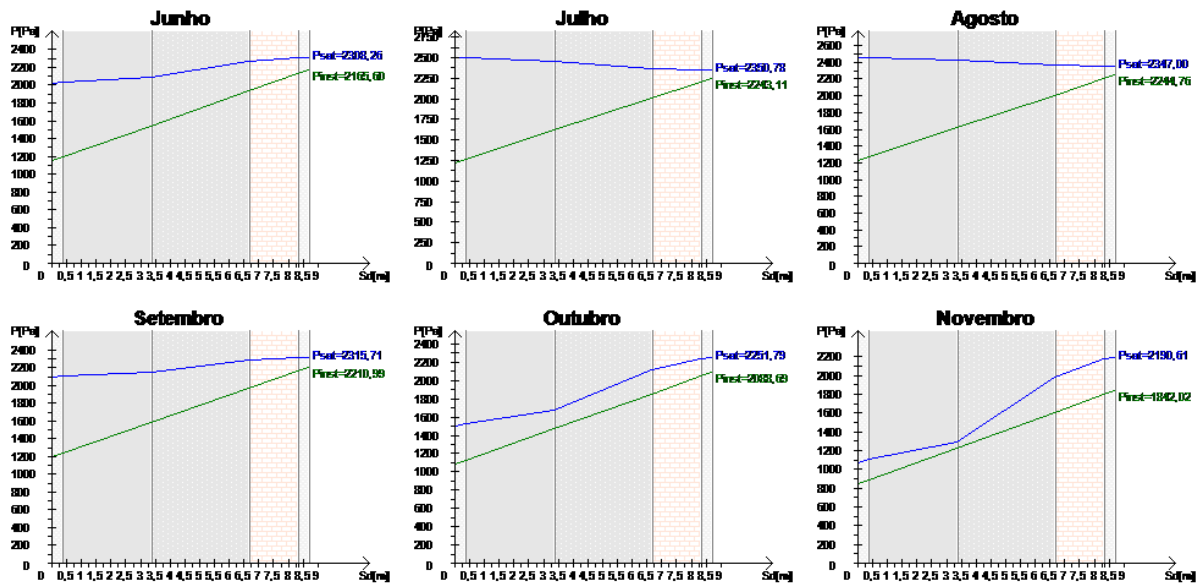
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]	g_{c2} [kg/(m²s)]	$Ma2$ [Kg/m²]
▶	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14	3,13E-10	0,0008
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68	-2,16E-10	0,0002
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03	-6,49E-09	0
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07	0,00E+00	0
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46	0,00E+00	0
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37	0,00E+00	0
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59	0,00E+00	0
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10	0,00E+00	0
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75	0,00E+00	0
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99	0,00E+00	0
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69	0,00E+00	0
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01	0,00E+00	0

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas mas prevê-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão:

- Poderão existir riscos de degradação dos materiais de construção;
- A performance térmica do elemento construtivo poderá ser afectada;





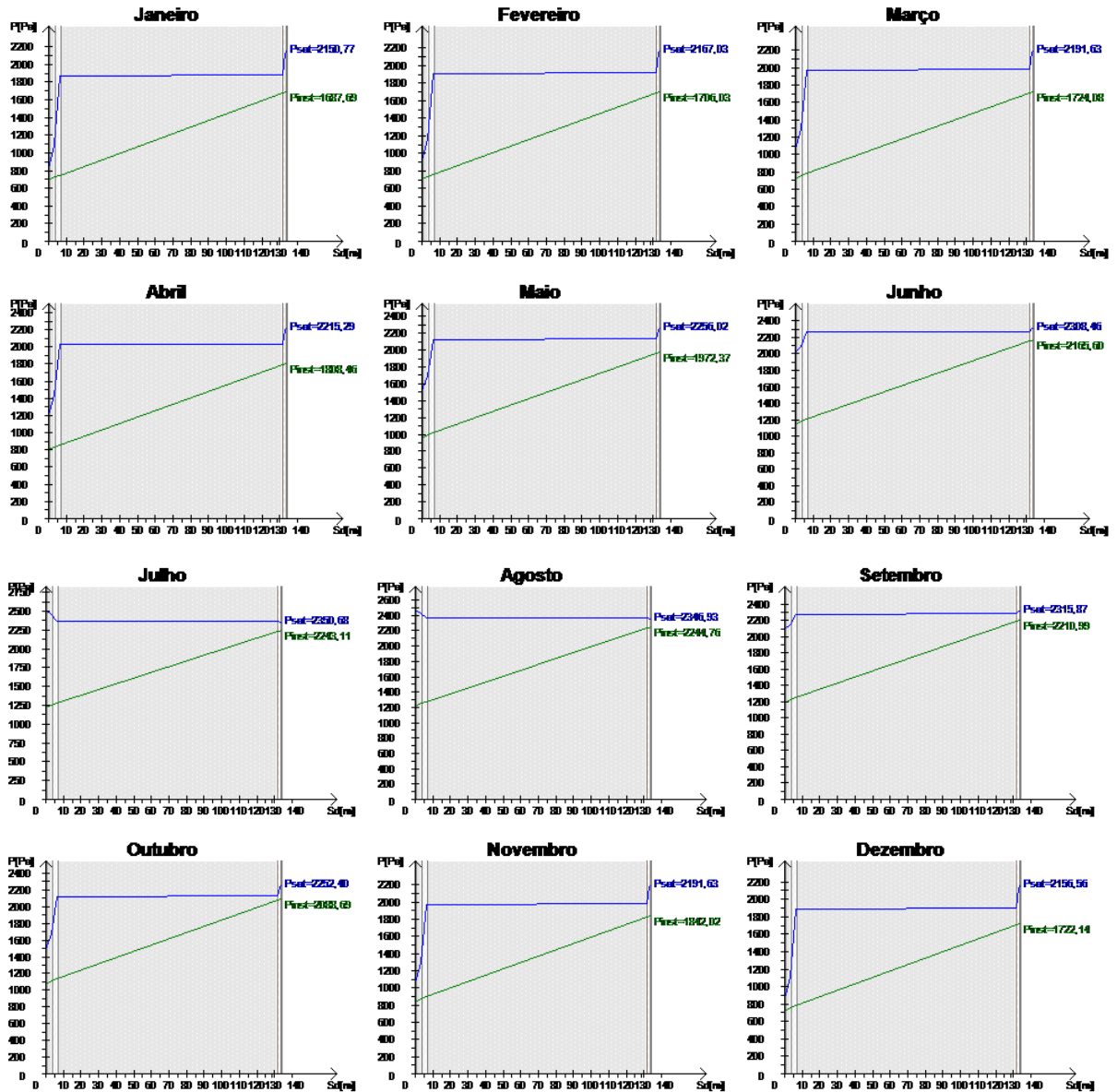
▪ Simulação 1.1.5

	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Reboco exterior	1,3	18	0,02	
	Blocos de 20	0,67	15	0,2	
	Poliestireno extrudido	0,037	110	0,03	
	Barreira para-vapor	0,23	50000	0,0025	
	Tijolo 7	0,37	23,7	0,07	
	Reboco interior	1,3	18	0,02	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maió	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



▪ Simulação 1.1.6

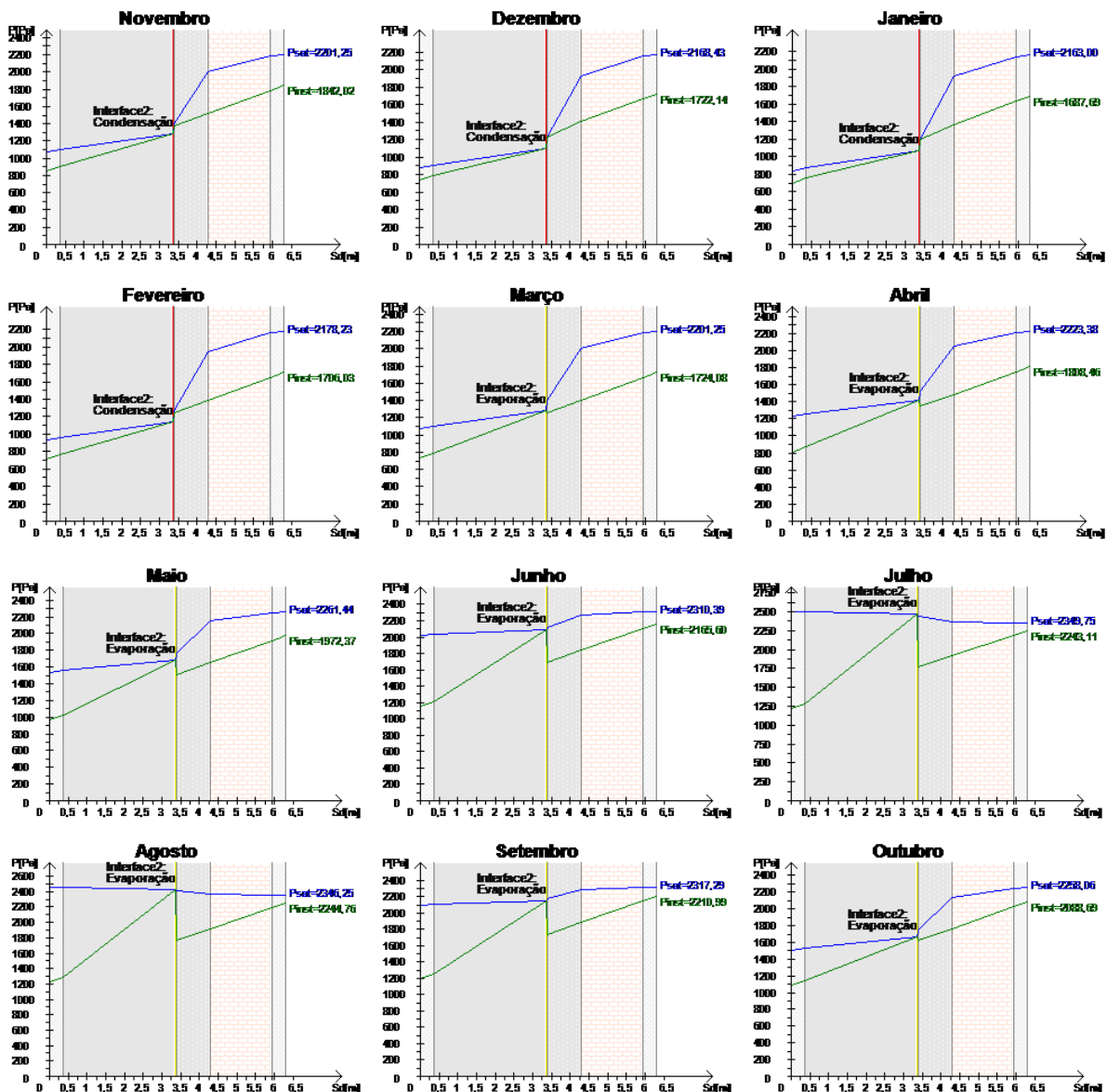
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Reboco exterior	1,3	18	0,02	
	Bloco de 20	0,67	15	0,2	
	Caixa de ar	0,11	1	0,02	
	Poliestireno expandido	0,04	30	0,03	
	Tijolo de 7	0,37	23,7	0,07	
	Reboco interior	1,3	18	0,02	
*					

Resultados da Análise										
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]	g_{c2} [kg/(m²s)]	Ma_2 [Kg/m²]
►	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01	1,26E-08	0,0326
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14	1,29E-06	3,4955
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68	1,31E-06	6,9974
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03	1,25E-08	7,0275
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07	-2,49E-09	7,0208
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46	-9,73E-09	6,9956
	Maió	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37	-2,34E-08	6,9330
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59	-5,05E-08	6,8022
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10	-8,88E-08	6,5644
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75	-8,40E-08	6,3393
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99	-5,27E-08	6,2027
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69	-5,29E-09	6,1885

Conclusões:

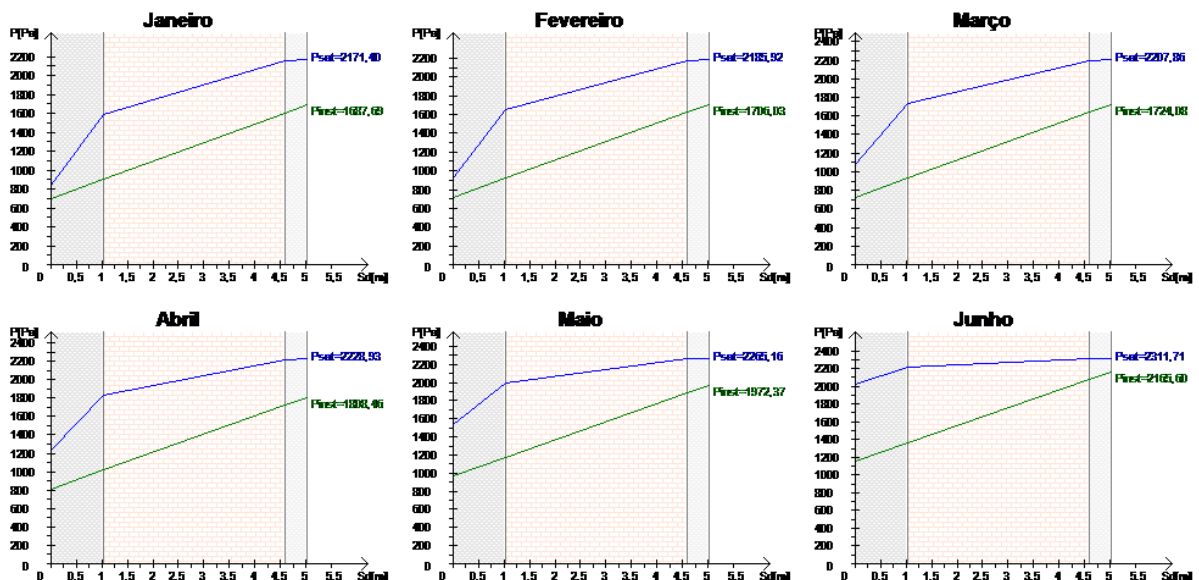
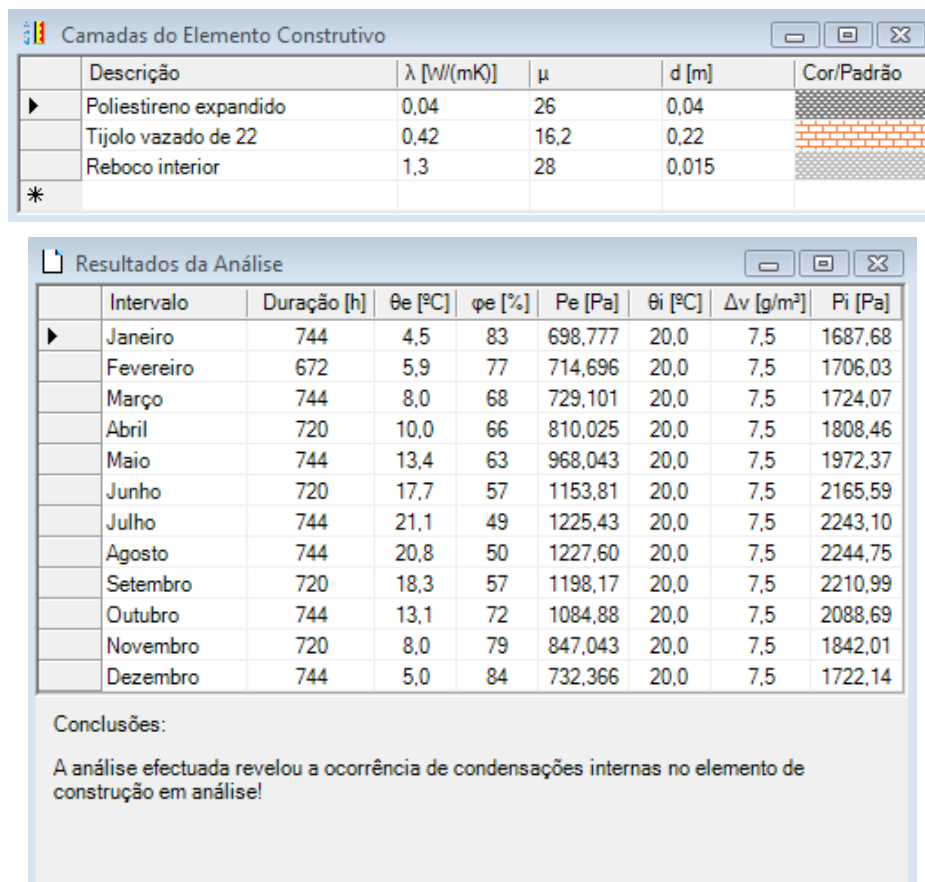
A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise, não se verificando a possibilidade da sua secagem por completo durante os meses de verão.

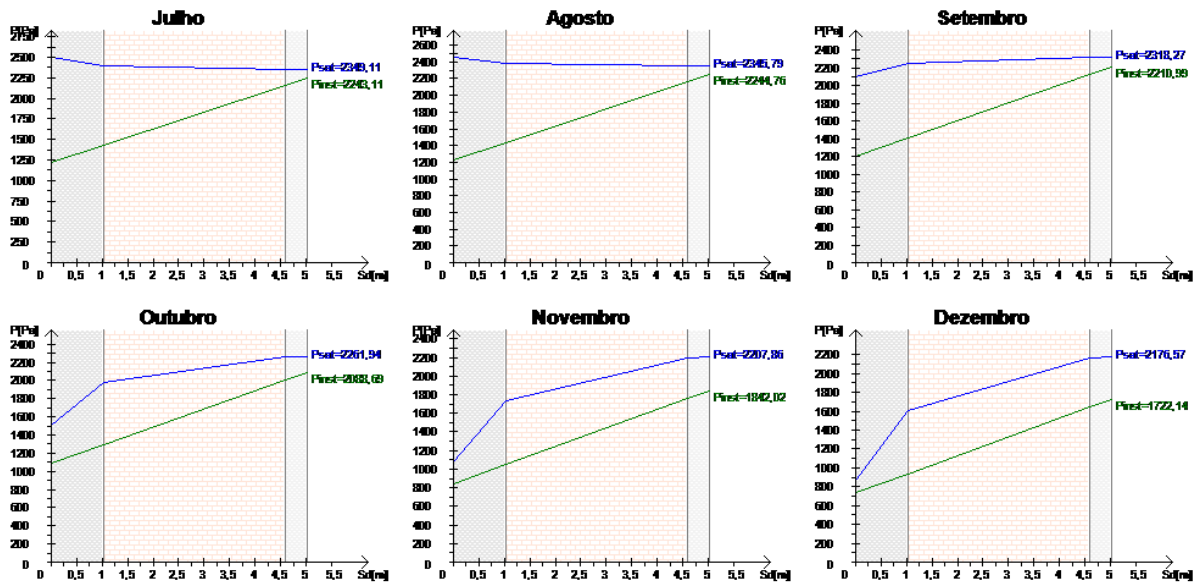
Deverão ser alteradas as características do elemento em estudo para que seja possível utilizá-lo sob as condições climáticas escolhidas.



1.2. PAREDES COM ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR E REVESTIMENTO POR PLACAGEM

▪ Simulação 1.2.1



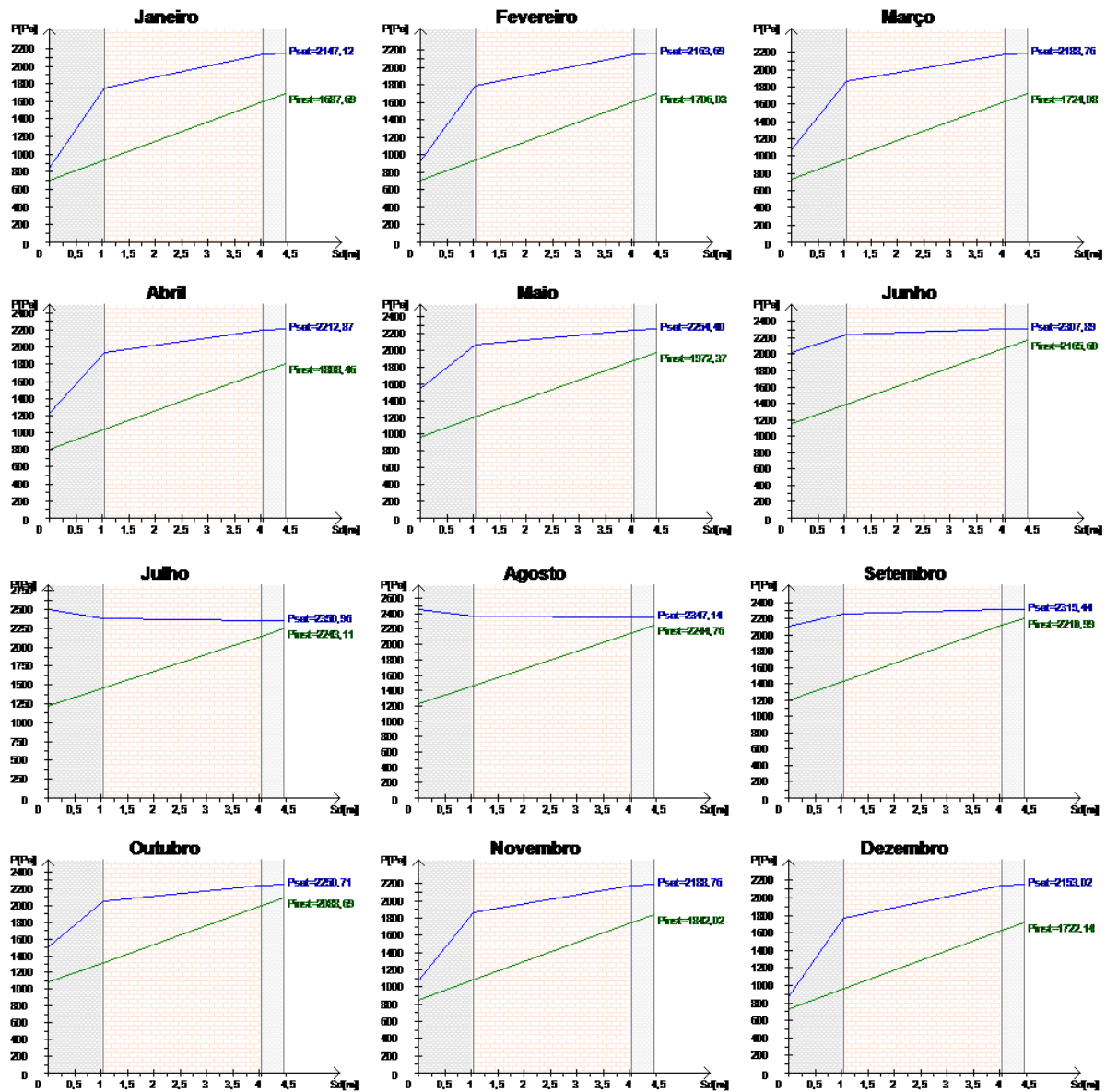


▪ Simulação 1.2.2

	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Poliestireno expandido	0,04	26	0,04	
	Blocos de 20	0,67	15	0,2	
	Reboco interior	1,3	28	0,015	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:
 A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



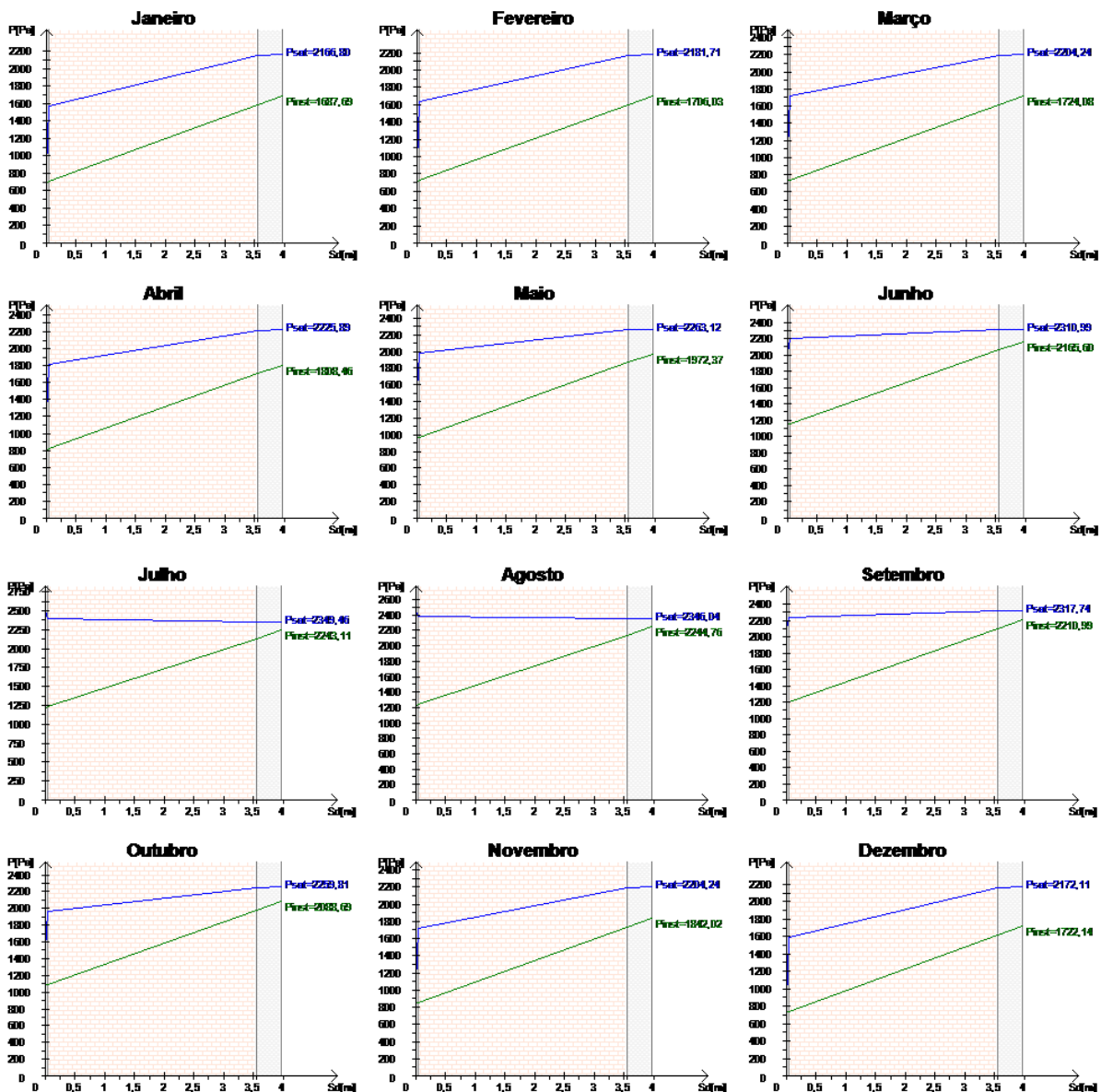
▪ Simulação 1.2.3

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Lã mineral	0,042	0,76	0,04	
	Tijolo vazado de 22	0,42	16	0,22	
	Reboco interior	1,3	28	0,015	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



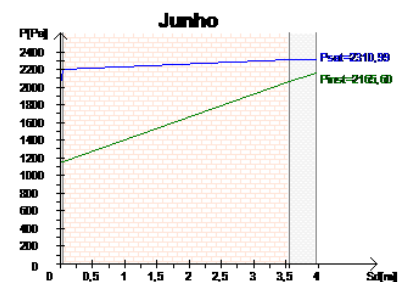
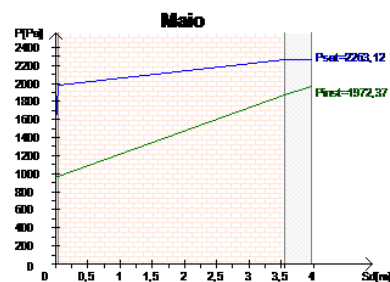
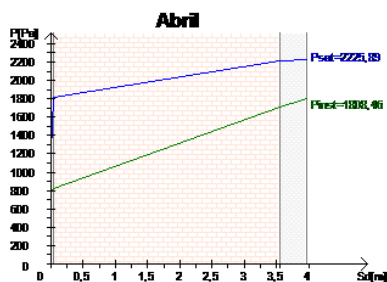
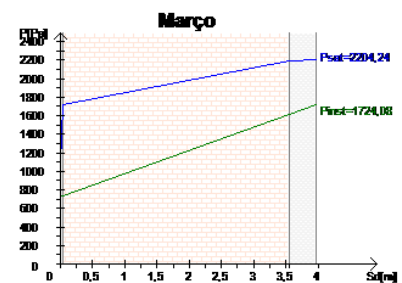
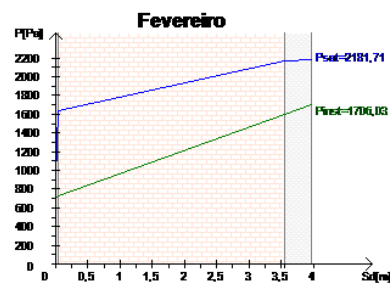
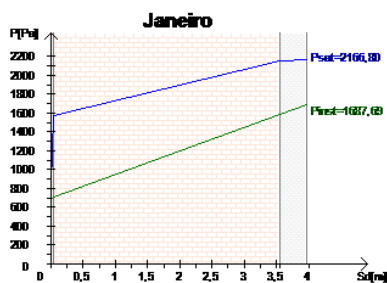
▪ Simulação 1.2.4

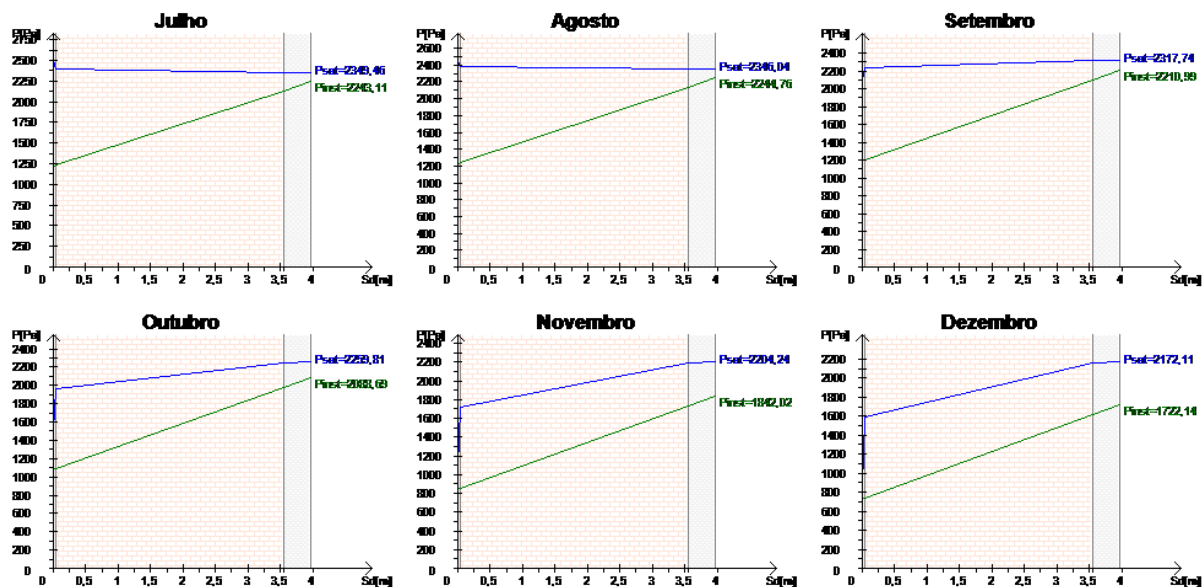
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Lã mineral	0,042	0,76	0,04	
	Tijolo vazado de 22	0,42	16	0,22	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





1.3. PAREDES COM ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR E REVESTIMENTO DELGADO

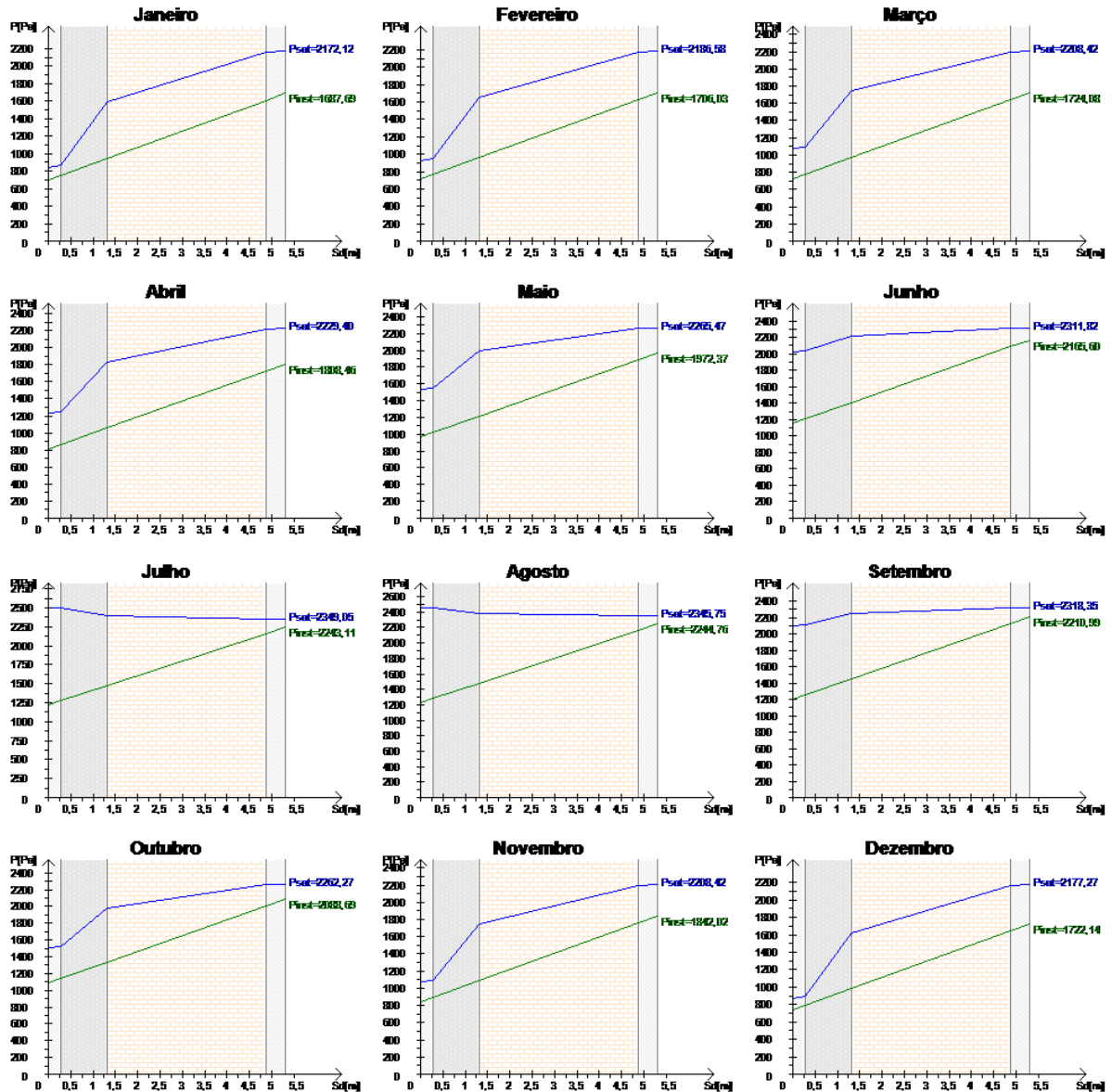
▪ Simulação 1.3.1

	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Reboco exterior	1,3	28	0,01	
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,04	
	Tijolo vazado de 22	0,42	16,2	0,22	
	Reboco interior	1,3	28	0,015	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maió	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



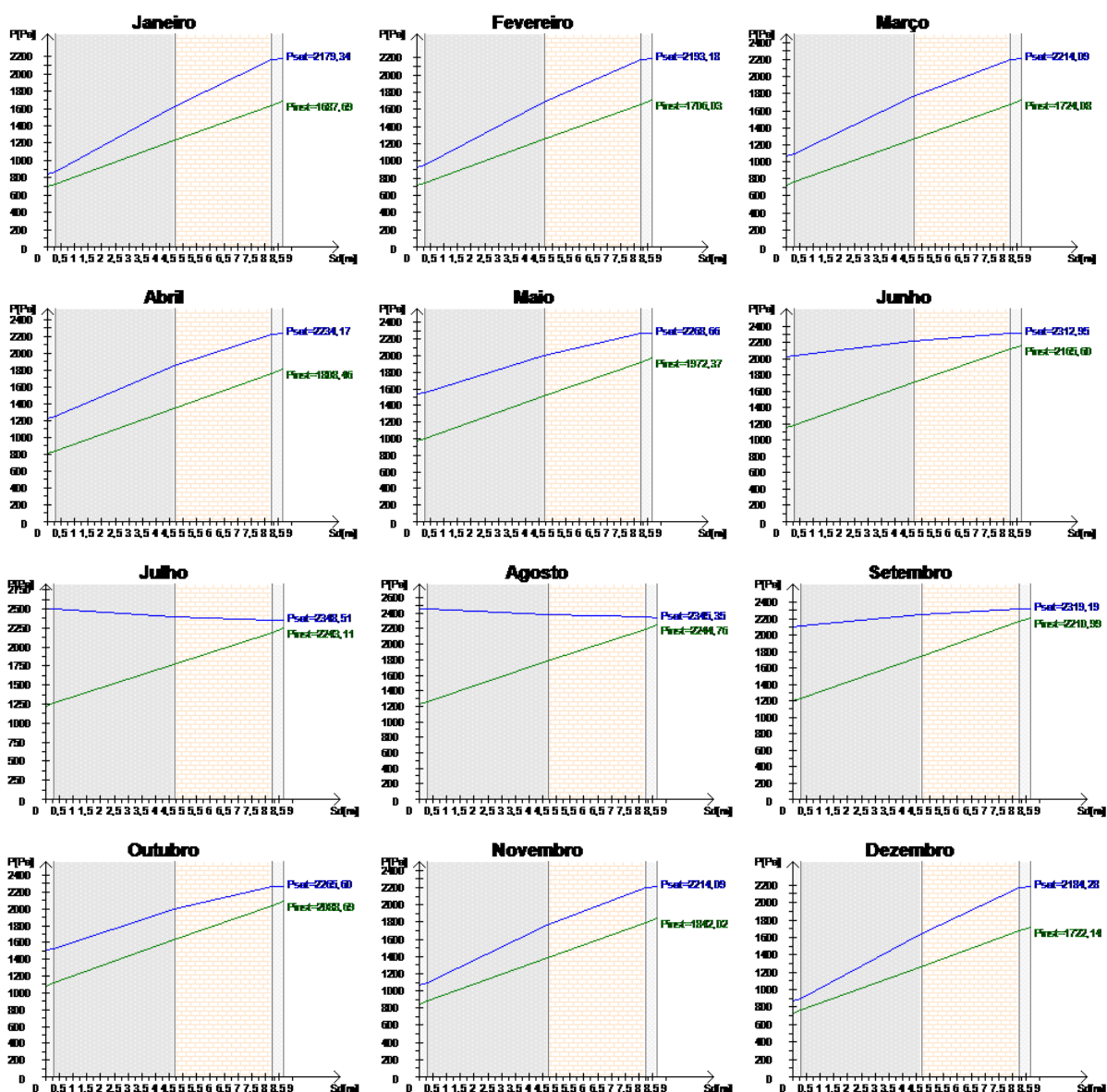
Simulação 1.3.2

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
►	Reboco exterior	1,3	28	0,01	
	Poliestireno extrudido	0,037	110	0,04	
	Tijolo vazado de 22	0,42	16,2	0,22	
	Reboco interior	1,3	28	0,015	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



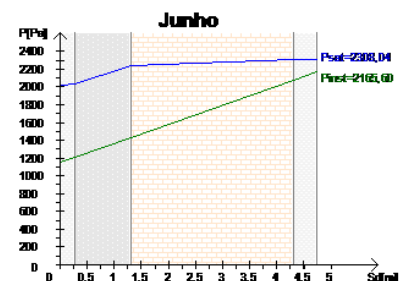
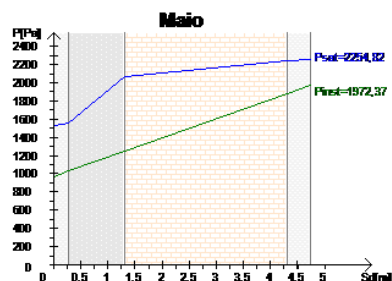
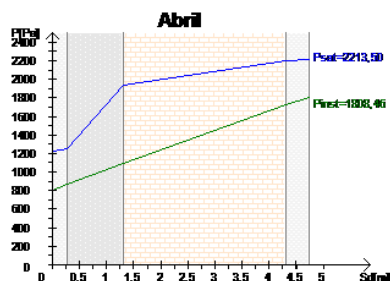
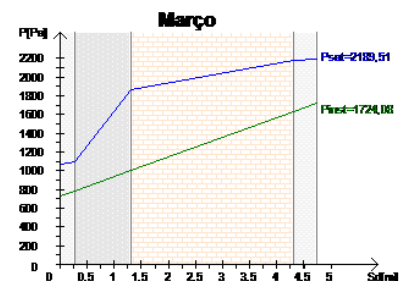
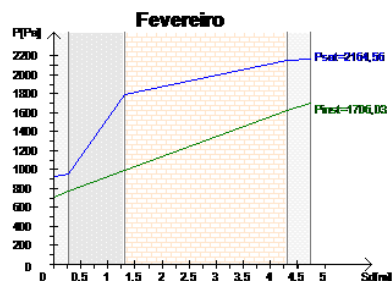
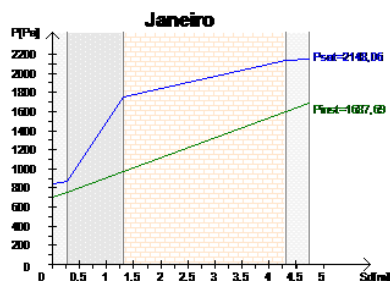
▪ Simulação 1.3.3

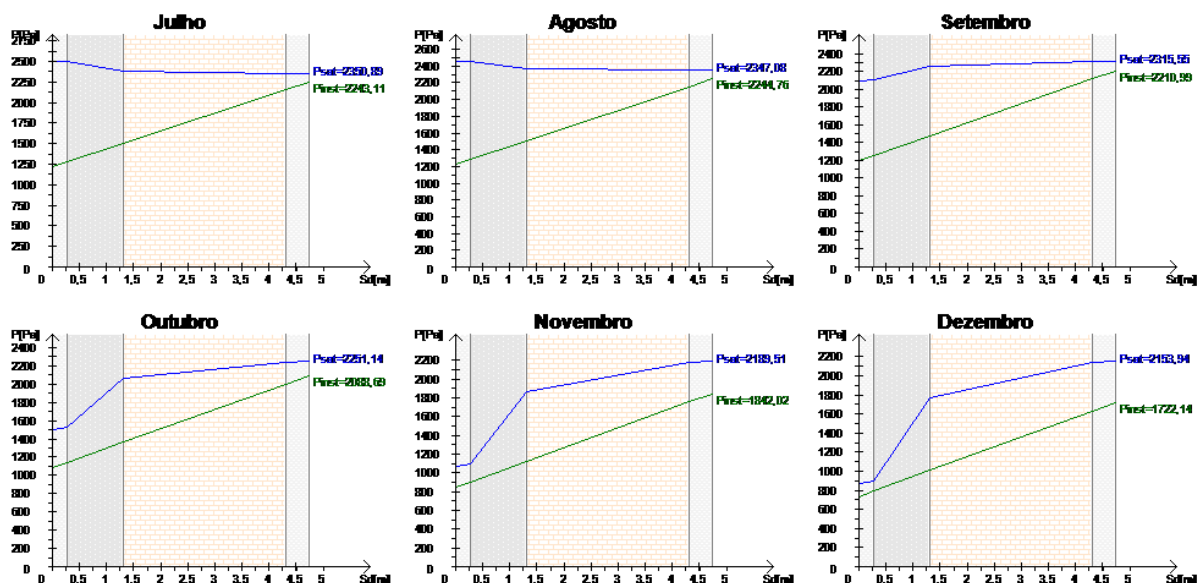
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Reboco exterior	1,3	28	0,01	
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,04	
	Blocos de 20	0,67	15	0,2	
	Reboco interior	1,3	28	0,015	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maiο	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





1.1.3. PAREDES COM ISOLAMENTO TÉRMICO PELO INTERIOR

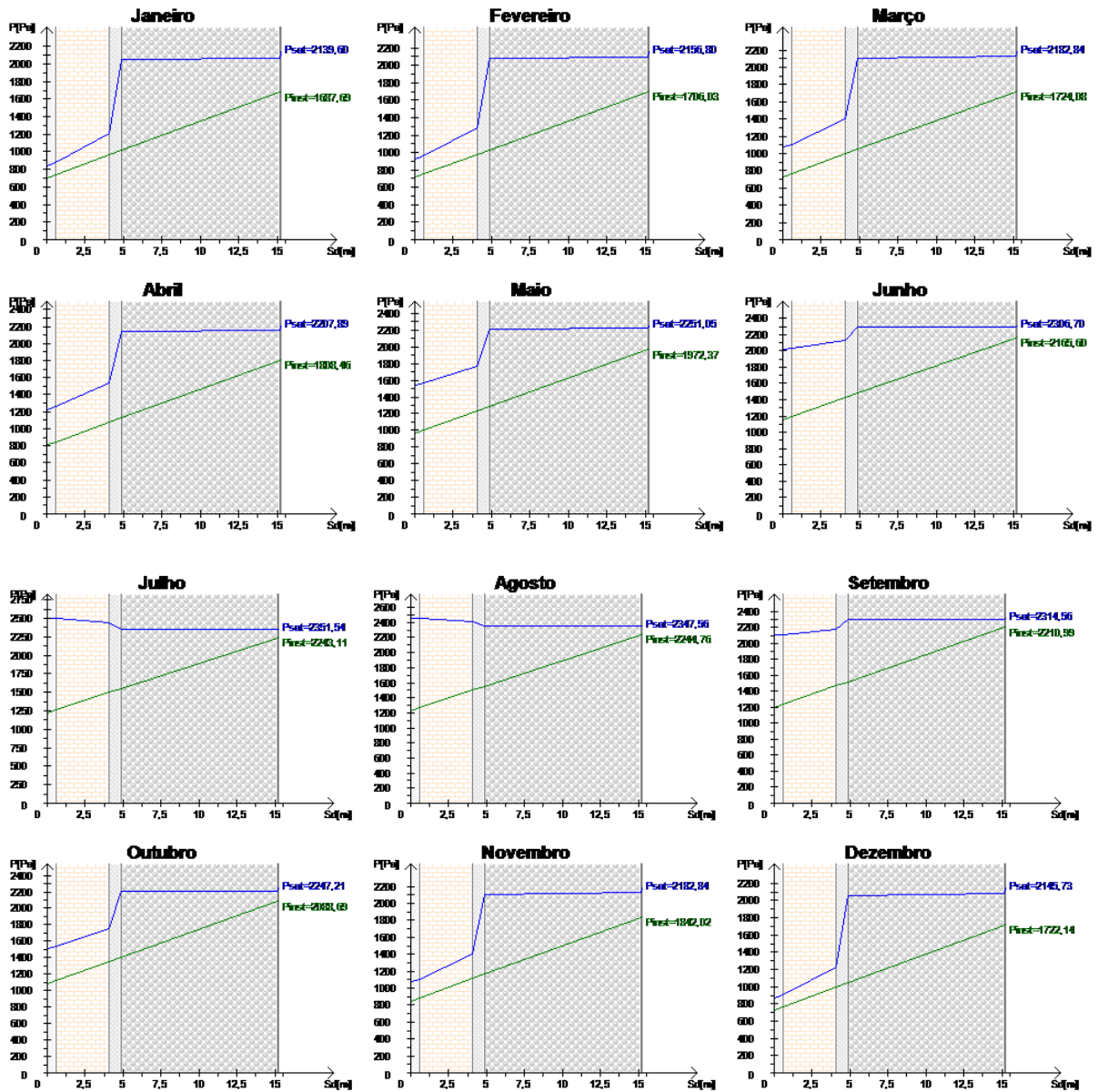
▪ Simulação 1.4.1

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Corr/Padrão
▶	Reboco exterior	1,3	28	0,02	
	Tijolo vazado de 22	0,52	16	0,22	
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,03	
	Feltro betuminoso	0,23	3430	0,003	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



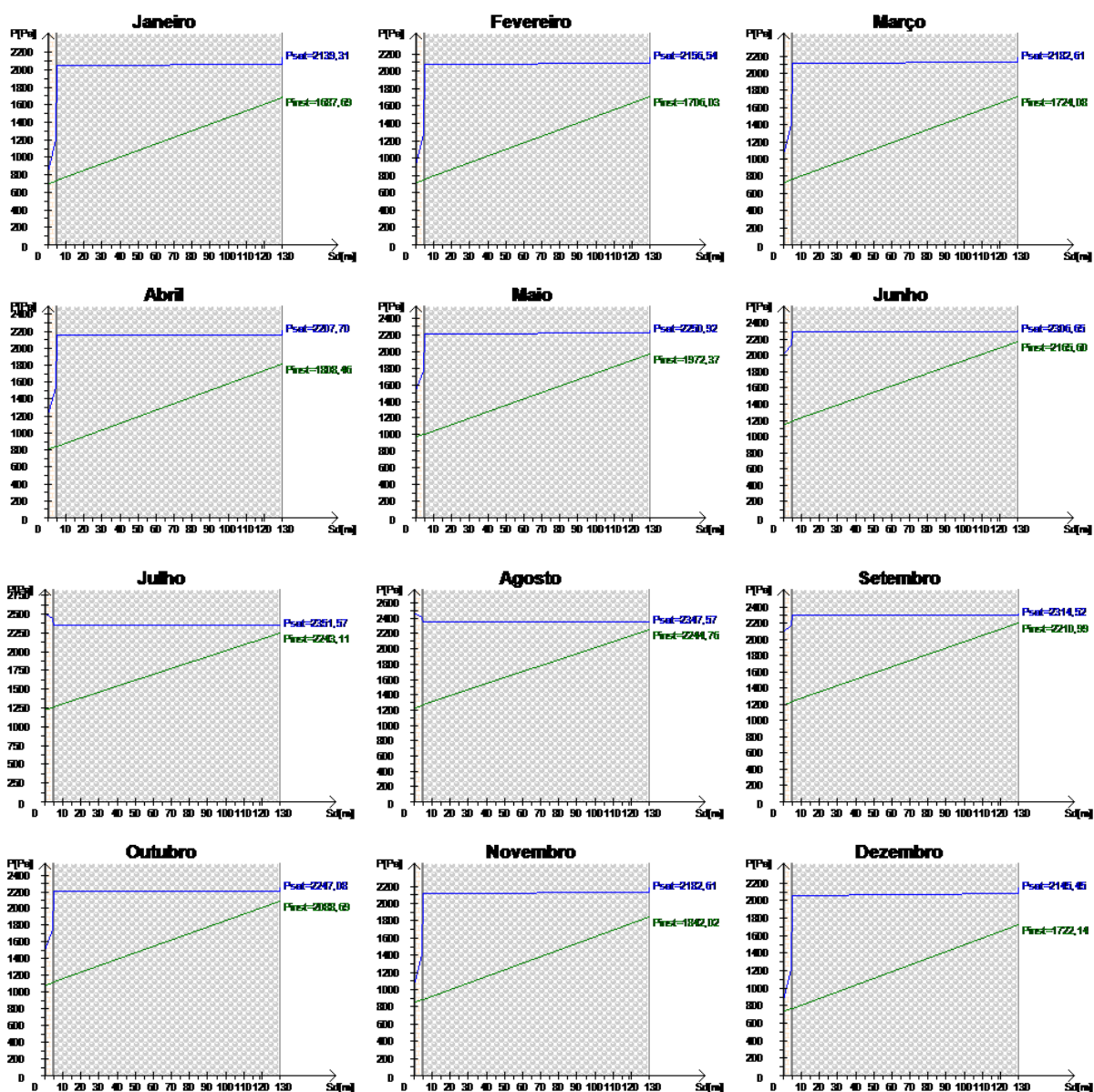
Simulação 1.4.2

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Reboco exterior	1,3	28	0,02	
	Tijolo vazado de 22	0,52	16	0,22	
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,03	
	Membrana de betume-polímero	0,23	50000	0,0025	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



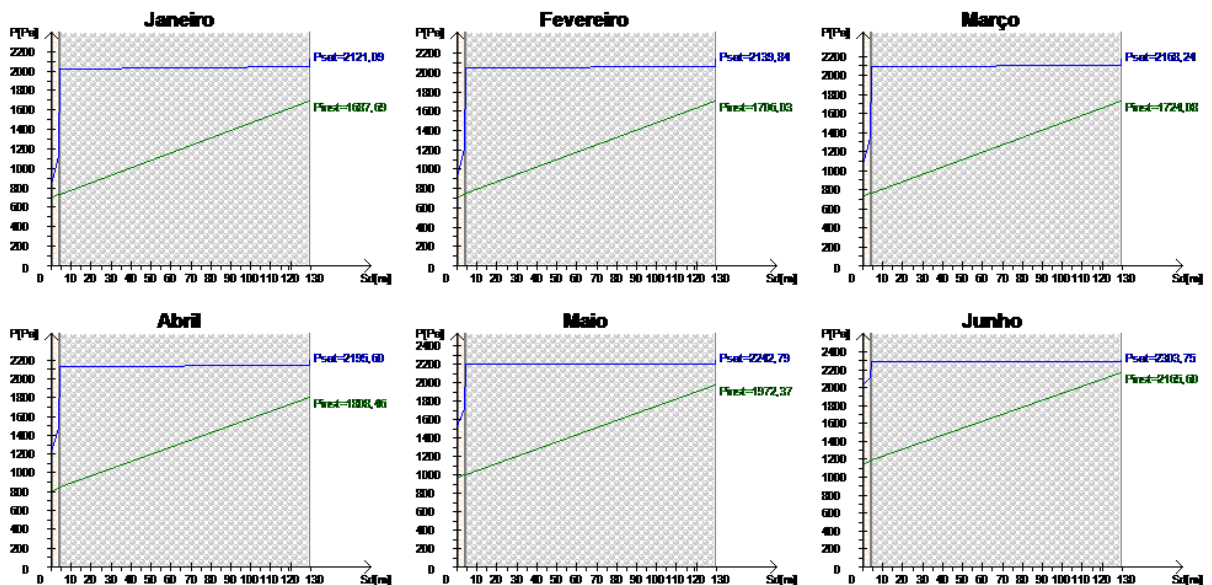
▪ Simulação 1.4.3

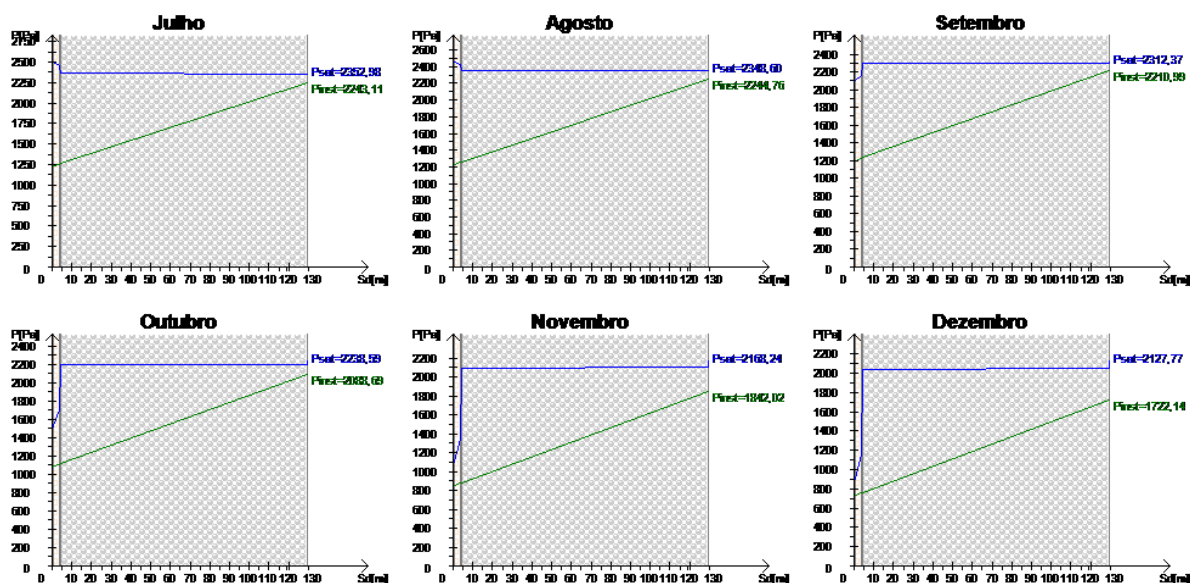
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
►	Reboco exterior	1,3	28	0,02	
	Blocos de 20	0,67	15	0,2	
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,03	
	Membranas de betume-polimer	0,23	50000	0,0025	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





2. COBERTURAS

2.1. COBERTURAS EM TERRAÇO

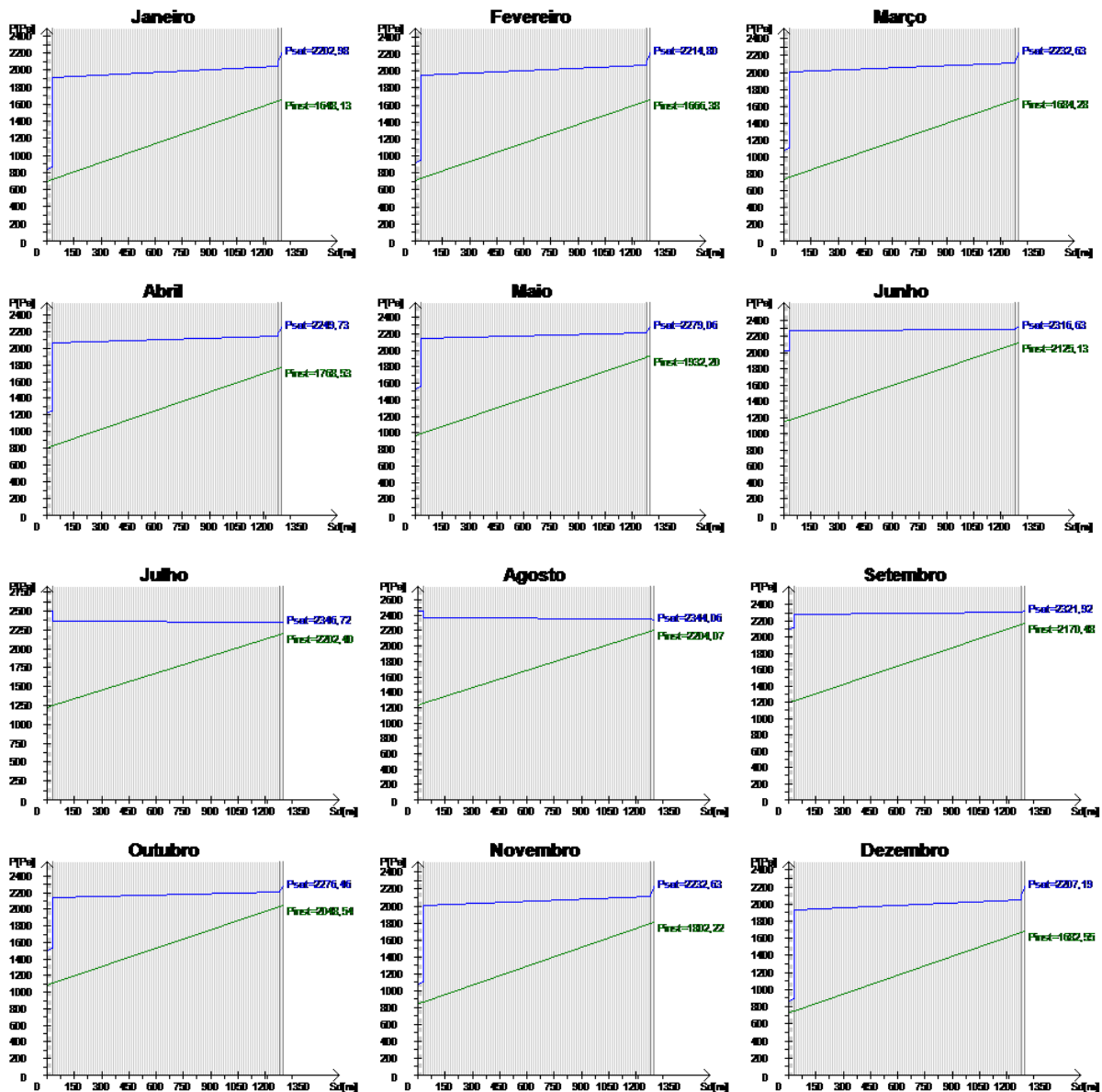
- Simulação 2.1.1

	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Membrana de pvc	0,2	19900	0,0015	
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,05	
	Membrana de betume-polimero	0,23	50000	0,025	
	Betonilha	1,3	15	0,05	
	Betão normal	2	110	0,15	
	Revestimento interior	1,3	28	0,015	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



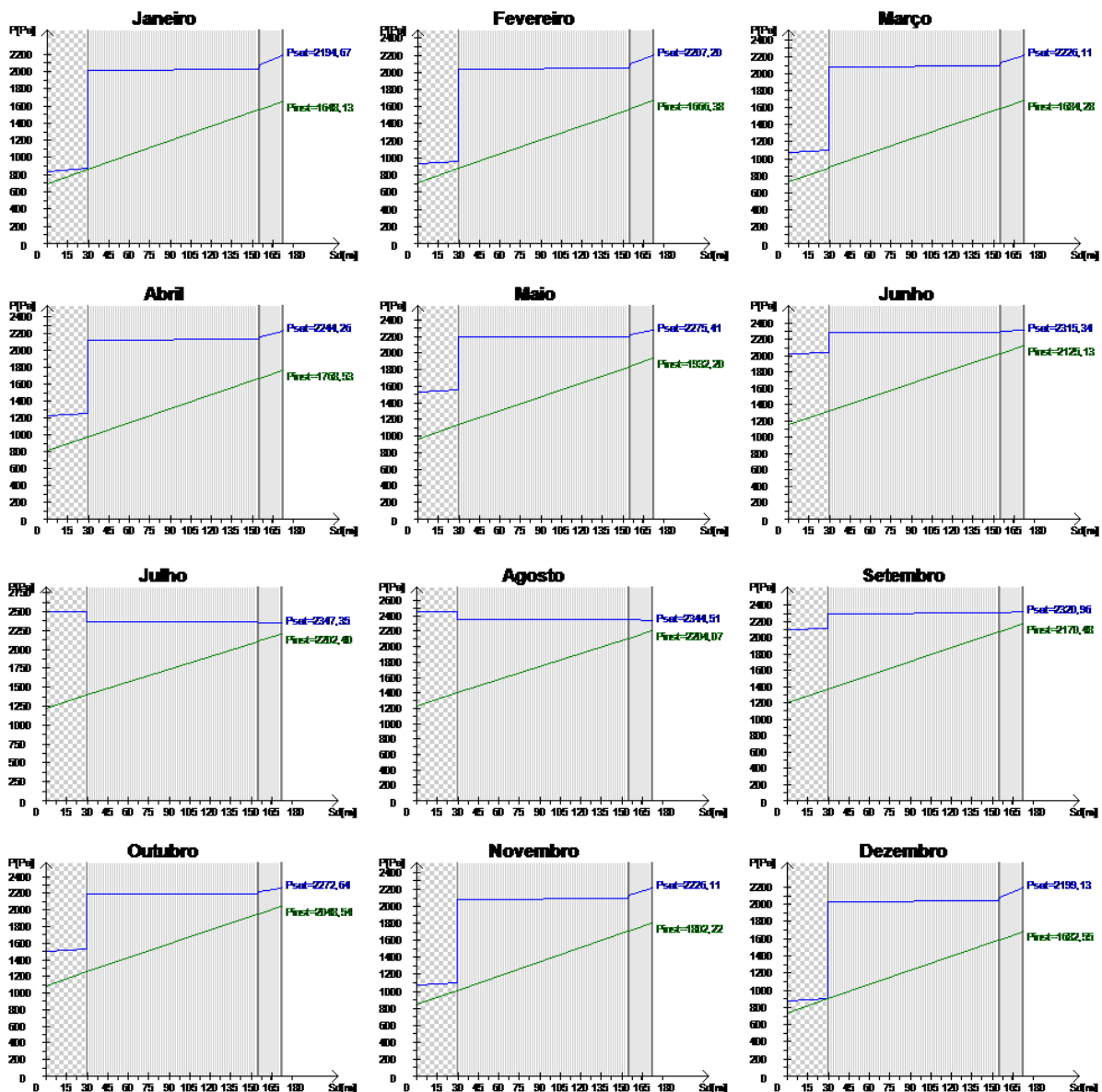
▪ Simulação 2.1.2

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Membrana de pvc	0,2	19900	0,0015	
	Lã mineral	0,04	0,76	0,05	
	Membrana de betume-polimero	0,23	50000	0,0025	
	Betonilha	1,3	15	0,05	
	Betão normal	2	110	0,15	
	Revestimento interior	1,3	28	0,015	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maió	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



▪ Simulação 2.1.3

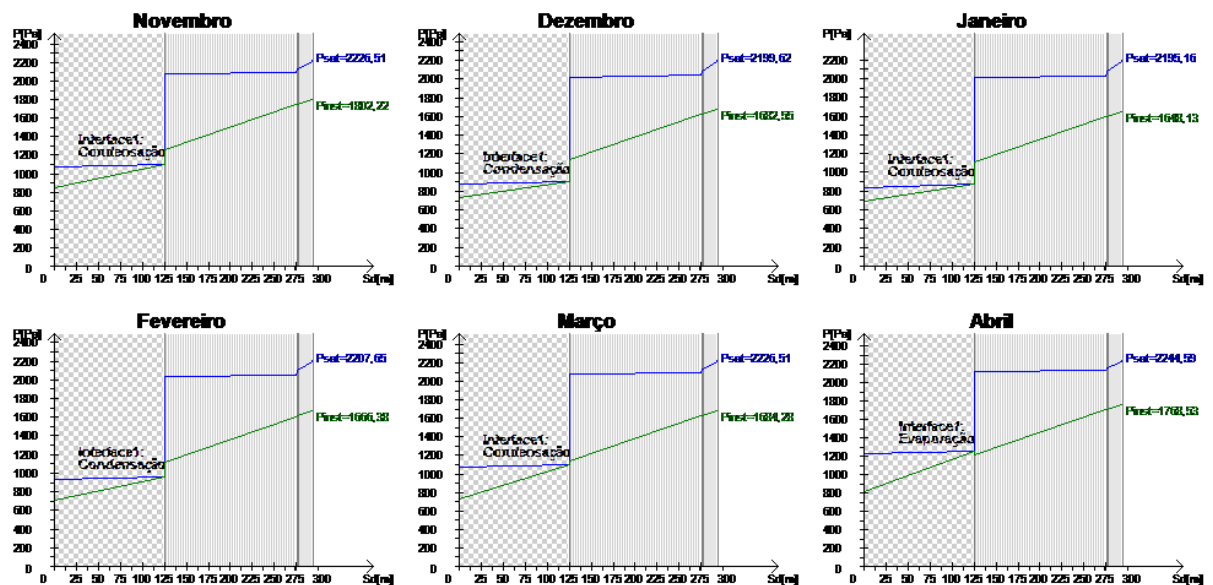
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Membrana de betume polimero	0,23	50000	0,0025	
	Lã mineral	0,04	0,76	0,05	
	Membrana de betume-polimero	0,23	50000	0,003	
	Betonilha	1,3	15	0,05	
	Betão normal	2	110	0,15	
	Revestimento interior	1,3	28	0,015	
*					

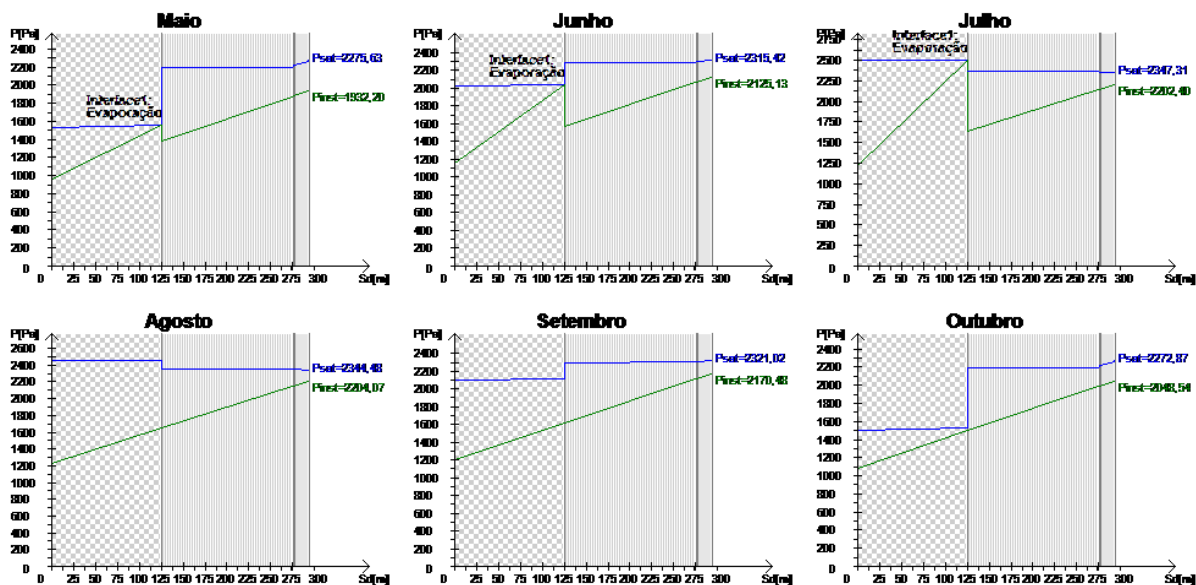
Resultados da Análise										
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]	g_{c1} [kg/(m²s)]	$Ma1$ [Kg/m²]
▶	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21	4,28E-10	0,0011
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55	6,58E-10	0,0029
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13	6,47E-10	0,0046
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37	4,54E-10	0,0057
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27	9,91E-11	0,0060
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52	-9,89E-11	0,0057
	Maió	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20	-4,99E-10	0,0044
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12	-1,30E-09	0,0010
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40	-2,38E-09	0
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07	0,00E+00	0
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48	0,00E+00	0
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53	0,00E+00	0

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas mas prevê-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão:

- Poderão existir riscos de degradação dos materiais de construção;
- A performance térmica do elemento construtivo poderá ser afectada;



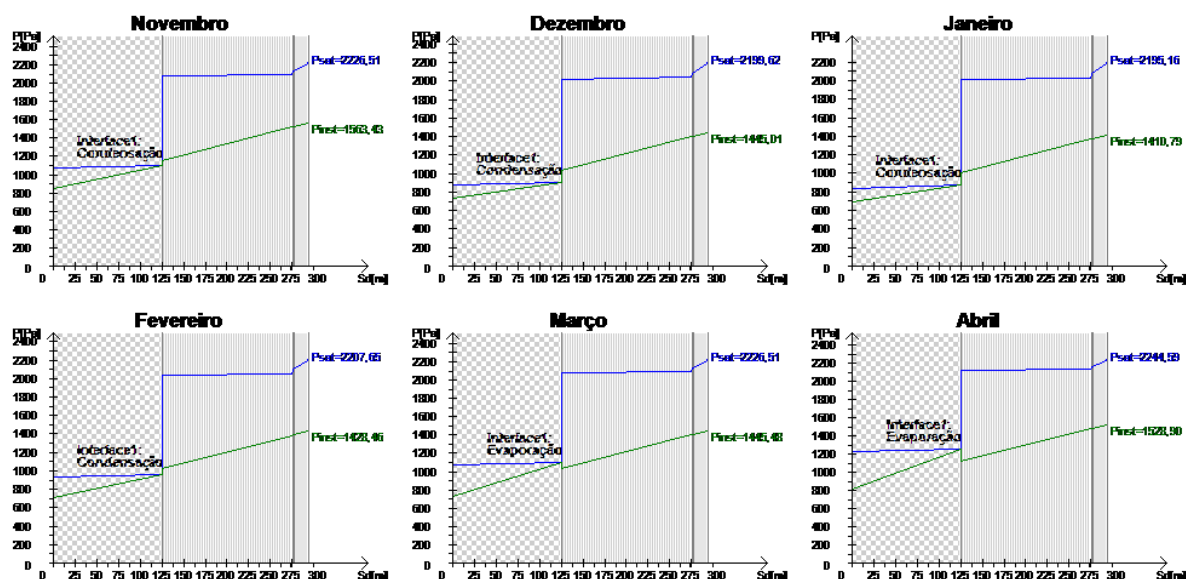


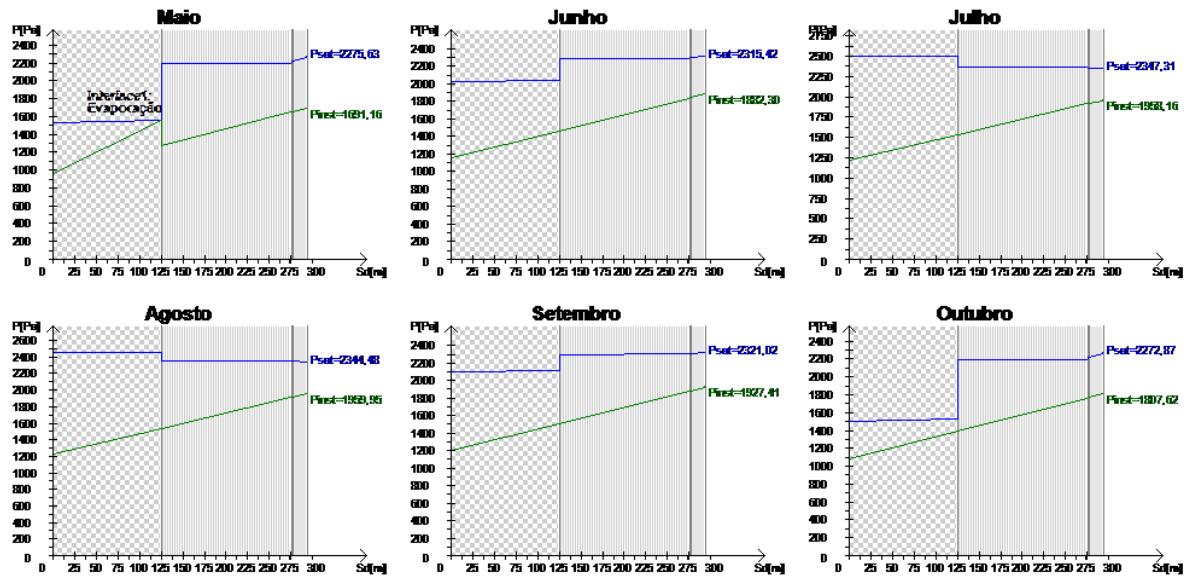
Resultados da Análise										
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]	g_{c1} [kg/(m²s)]	$Ma1$ [Kg/m²]
►	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	5,4	1563,42	1,44E-10	0,0004
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	5,4	1445,00	3,75E-10	0,0014
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	5,4	1410,79	3,64E-10	0,0024
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	5,4	1428,45	1,70E-10	0,0028
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	5,4	1445,48	-1,86E-10	0,0023
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	5,4	1528,90	-3,85E-10	0,0013
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	5,4	1691,16	-7,87E-10	0
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	5,4	1882,29	0,00E+00	0
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	5,4	1958,15	0,00E+00	0
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	5,4	1959,95	0,00E+00	0
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	5,4	1927,40	0,00E+00	0
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	5,4	1807,62	0,00E+00	0

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas mas prevê-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão:

- Poderão existir riscos de degradação dos materiais de construção;
- A performance térmica do elemento construtivo poderá ser afectada;





▪ Simulação 2.1.4

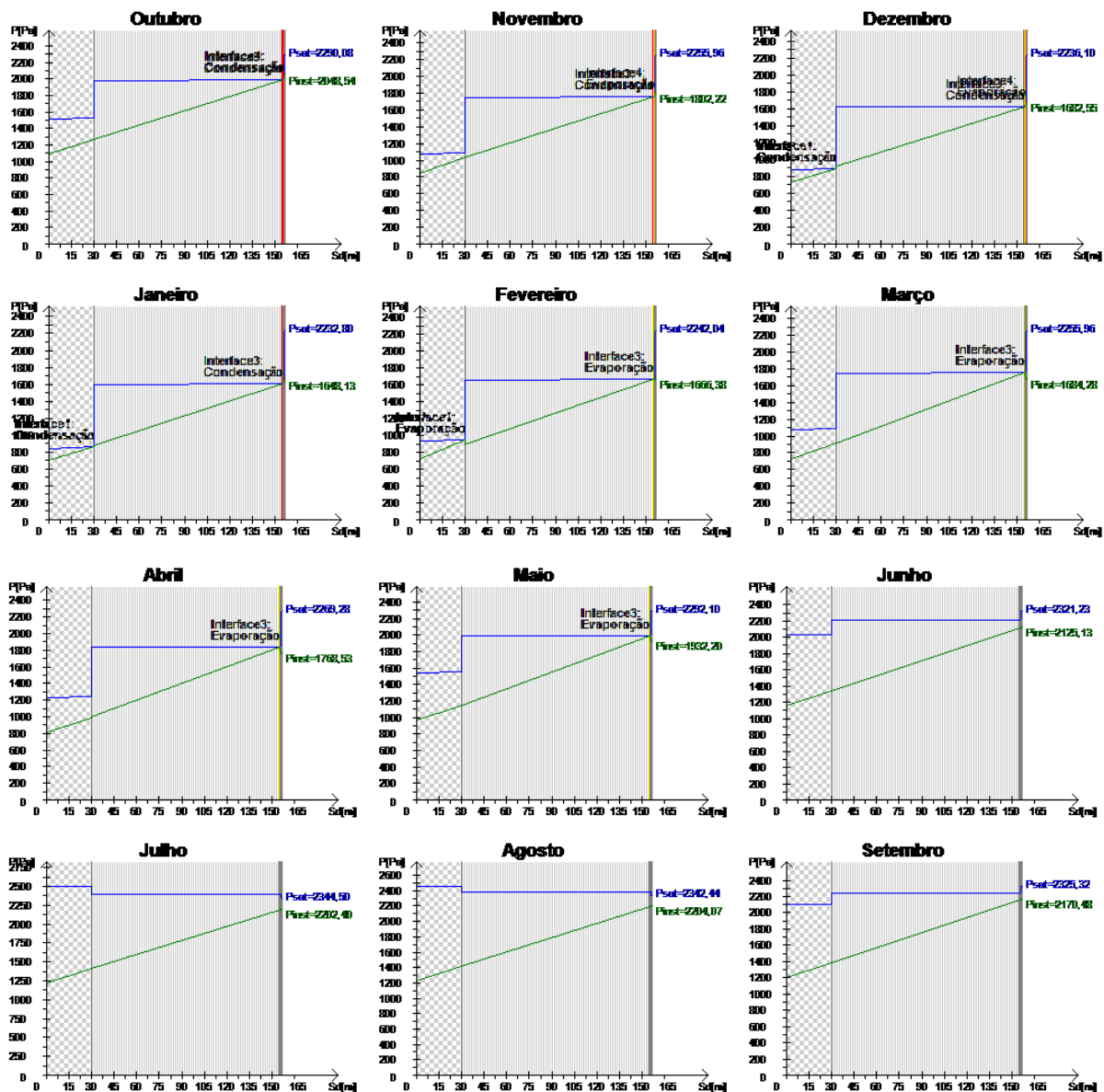
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Membrana de pvc	0,2	19900	0,0015	
	Lã mineral	0,04	0,76	0,05	
	Membrana de betume-polimero	0,23	50000	0,0025	
	Betonilha	1,3	15	0,05	
	Betão celular	0,23	4,4	0,15	
*	Revestimento interior	1,3	28	0,015	

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]	g_{c1} [kg/(m²s)]	$Ma1$ [Kg/m²]	g_{c3} [kg/(m²s)]	$Ma3$ [Kg/m²]	g_{c4} [kg/(m²s)]	$Ma4$ [Kg/m²]
▶	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53	0,00E+00	0	3,06E-09	0,0082	4,91E-09	0,0131
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21	0,00E+00	0	5,43E-09	0,0223	-2,10E-09	0,0077
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55	1,04E-10	0,0003	6,57E-09	0,0399	-3,20E-09	0
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13	9,54E-11	0,0006	6,73E-09	0,0579	-6,18E-09	0
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37	-4,22E-10	0	-1,04E-09	0,0554	0,00E+00	0
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27	0,00E+00	0	-8,85E-09	0,0317	0,00E+00	0
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52	0,00E+00	0	-9,20E-09	0,0079	0,00E+00	0
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20	0,00E+00	0	-8,50E-09	0	0,00E+00	0
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12	0,00E+00	0	0,00E+00	0	0,00E+00	0
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40	0,00E+00	0	0,00E+00	0	0,00E+00	0
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07	0,00E+00	0	0,00E+00	0	0,00E+00	0
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48	0,00E+00	0	0,00E+00	0	0,00E+00	0

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas mas prevê-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão:

- Poderão existir riscos de degradação dos materiais de construção;
- A performance térmica do elemento construtivo poderá ser afectada;



▪ Simulação 2.1.5

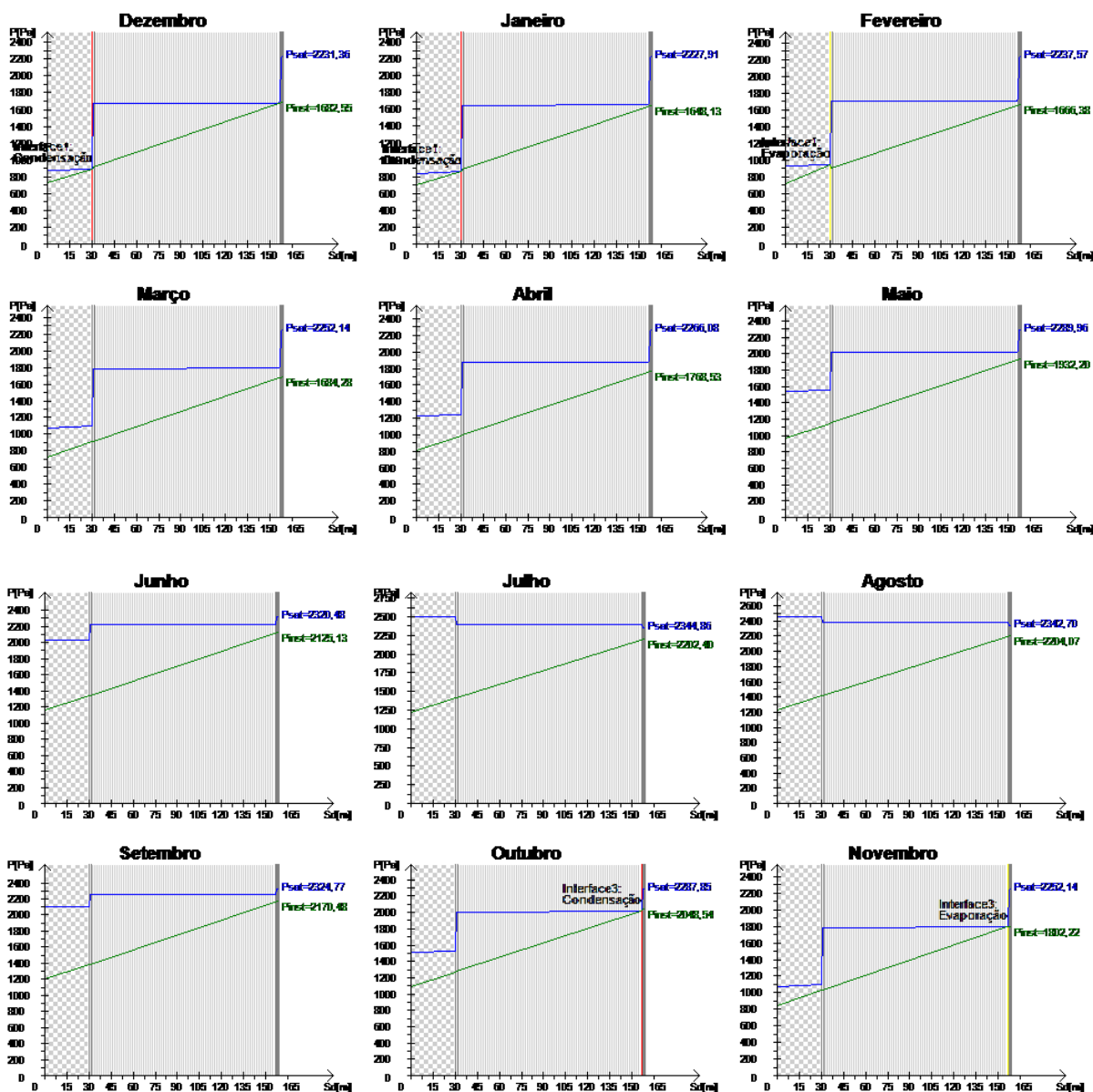
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
	Membrana de pvc	0,2	19900	0,0015	
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,05	
	Membrana de betume-polimero	0,23	50000	0,0025	
►	Betonilha	1,3	15	0,05	
	Betão celular	0,27	6	0,15	
	Revestimento interior	1,3	28	0,015	
*					

Resultados da Análise												
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]	$gc1$ [kg/(m²s)]	$Ma1$ [Kg/m²]	$gc3$ [kg/(m²s)]	$Ma3$ [Kg/m²]
▶	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55	1,49E-10	0,0004	0,00E+00	0
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13	1,17E-10	0,0007	0,00E+00	0
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37	-4,59E-10	0	0,00E+00	0
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27	0,00E+00	0	0,00E+00	0
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52	0,00E+00	0	0,00E+00	0
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20	0,00E+00	0	0,00E+00	0
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12	0,00E+00	0	0,00E+00	0
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40	0,00E+00	0	0,00E+00	0
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07	0,00E+00	0	0,00E+00	0
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48	0,00E+00	0	0,00E+00	0
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53	0,00E+00	0	3,29E-09	0,0088
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21	0,00E+00	0	-3,92E-10	0,0078

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise, não se verificando a possibilidade da sua secagem por completo durante os meses de verão.

Deverão ser alteradas as características do elemento em estudo para que seja possível utilizá-lo sob as condições climáticas escolhidas.



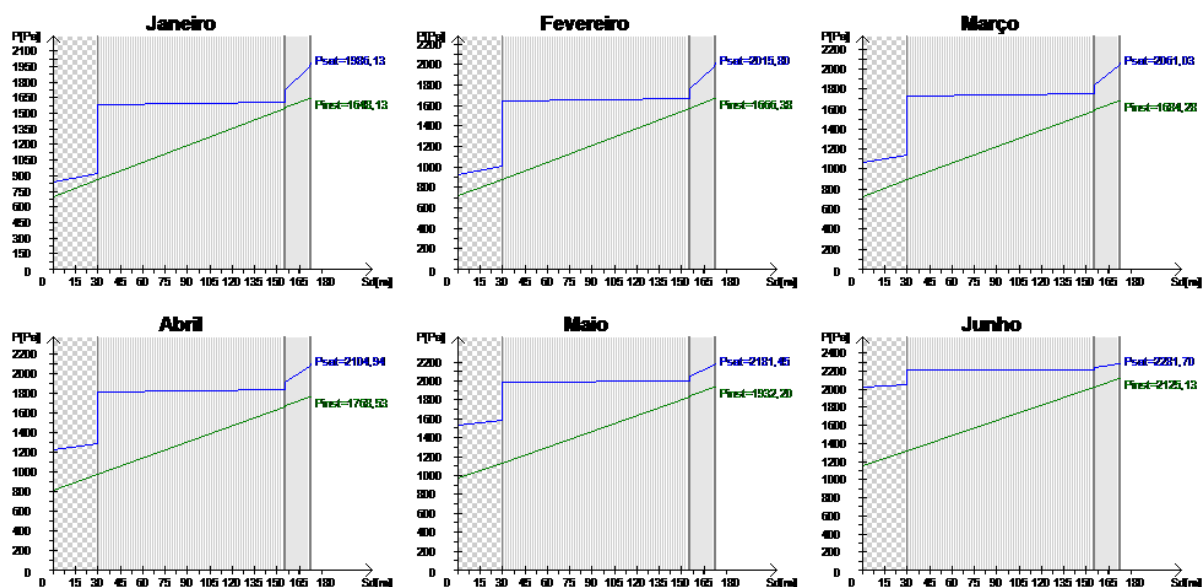
▪ Simulação 2.1.6

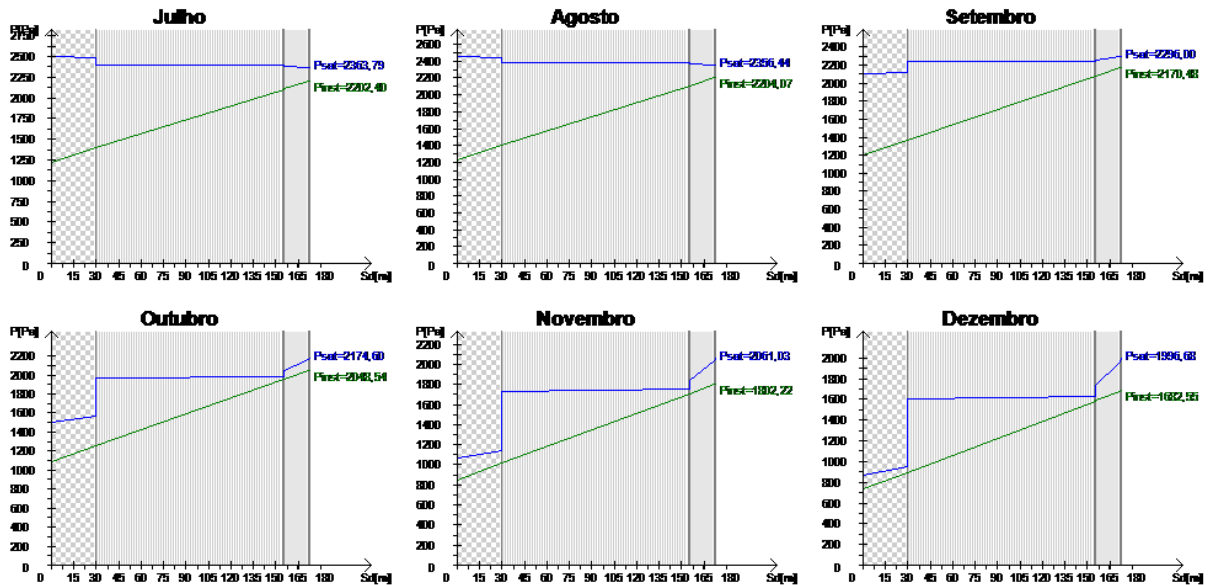
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Membrana de pvc	0,2	19900	0,0015	
	Perlite	0,16	2	0,05	
	Membrana de betume-polimero	0,23	50000	0,0025	
	Betonilha	1,3	15	0,05	
	Betão normal	2	110	0,15	
	Revestimento interior	1,3	28	0,015	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maió	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





▪ Simulação 2.1.7

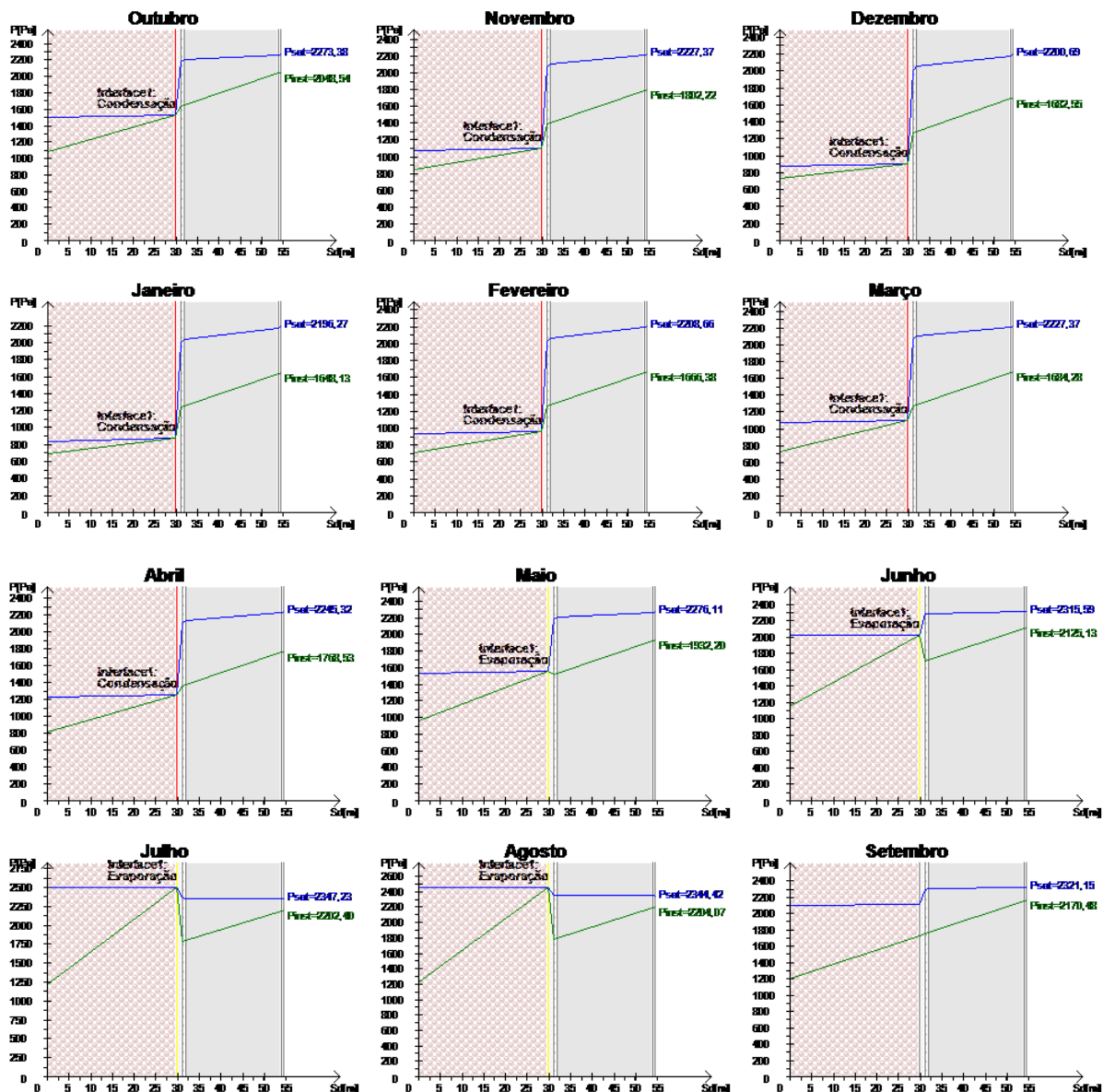
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Membrana de pvc	0,2	19900	0,0015	
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,05	
	Betonilha	1,3	15	0,05	
	Betão normal	2	110	0,2	
	Revestimento interior	1,3	28	0,02	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]	$gc1$ [kg/(m²s)]	$Ma1$ [Kg/m²]
▶	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53	1,27E-09	0,0034
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21	4,02E-09	0,0138
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55	5,23E-09	0,0278
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13	5,17E-09	0,0417
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37	4,15E-09	0,0517
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27	2,27E-09	0,0578
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52	1,23E-09	0,0610
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20	-8,96E-10	0,0586
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12	-5,15E-09	0,0453
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40	-1,09E-08	0,0161
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07	-1,02E-08	0
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48	0,00E+00	0

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas mas prevê-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão:

- Poderão existir riscos de degradação dos materiais de construção;
- A performance térmica do elemento construtivo poderá ser afectada;



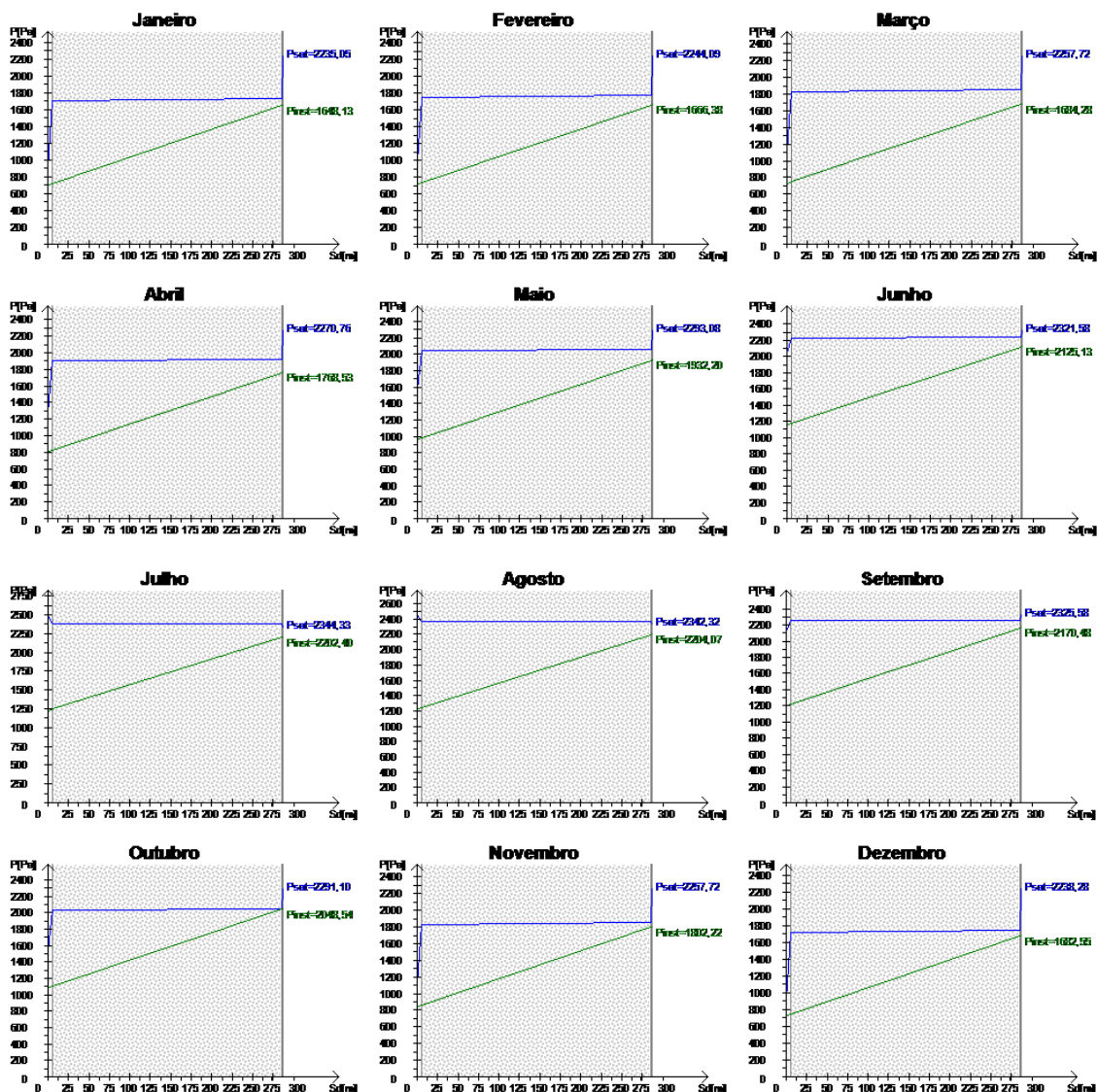
▪ Simulação 2.2.1

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Inerte grosso rolado	0,7	4	0,05	
	Poliestireno extrudado	0,037	105	0,05	
	Membranas de betume-polimero	0,23	50000	0,0056	
	Betão celular	0,27	6	0,15	
	Revestimento interior	1,3	28	0,02	
*					

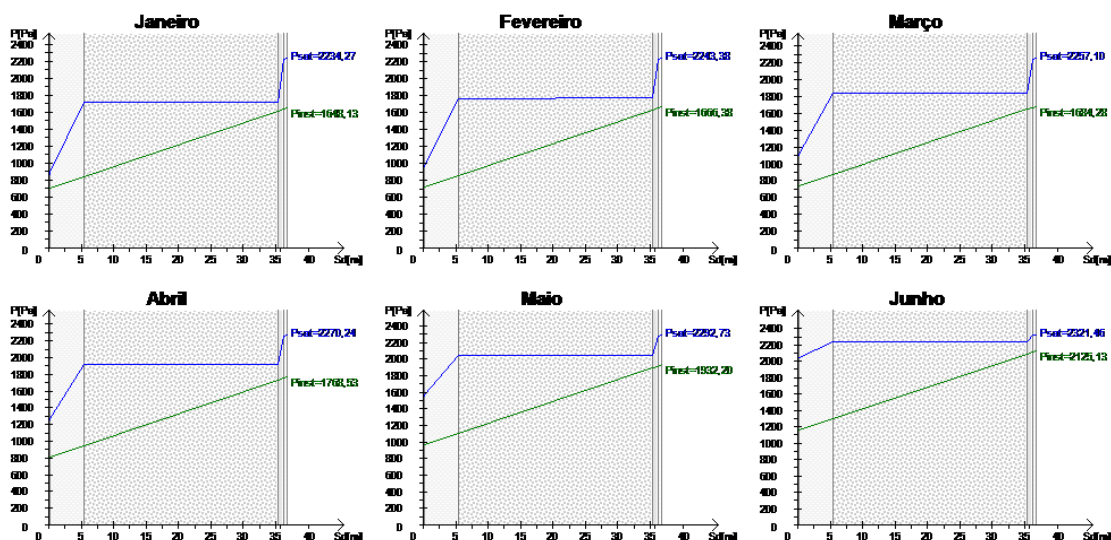
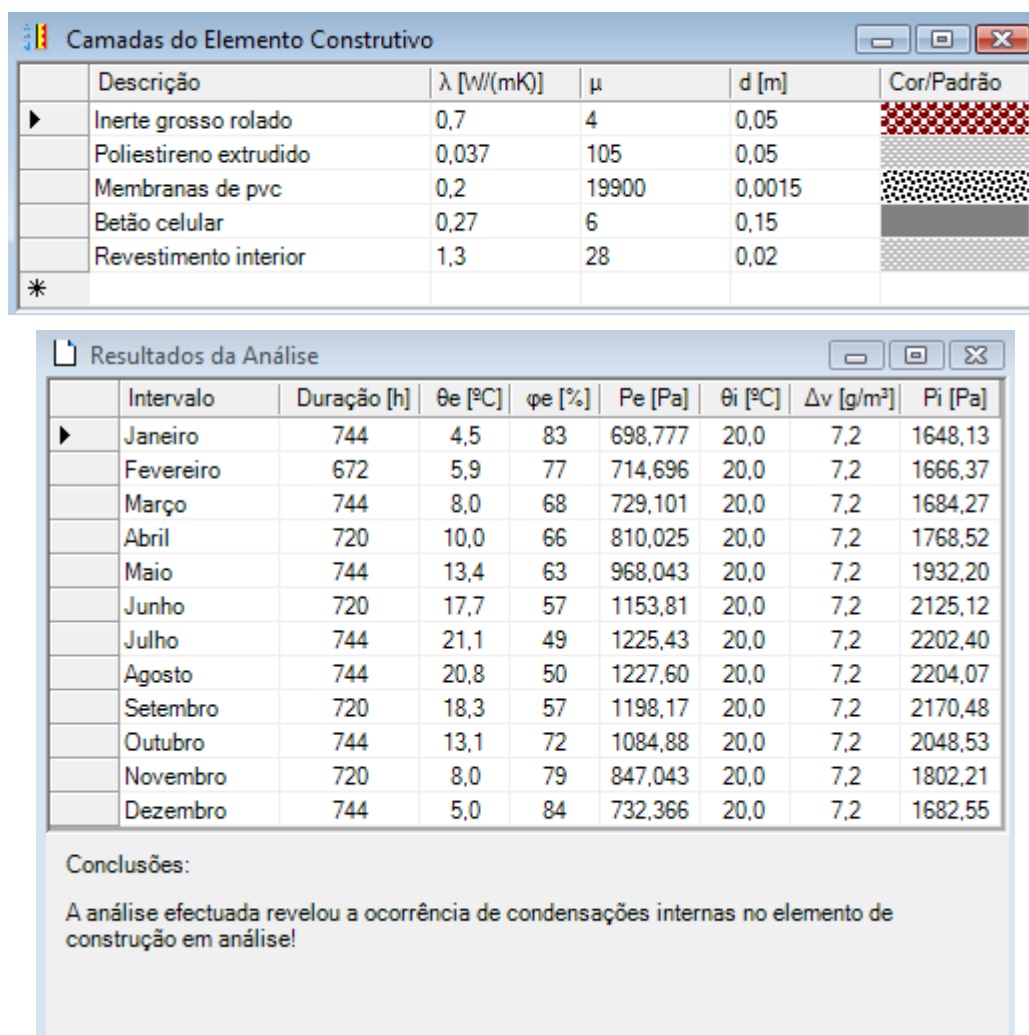
Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

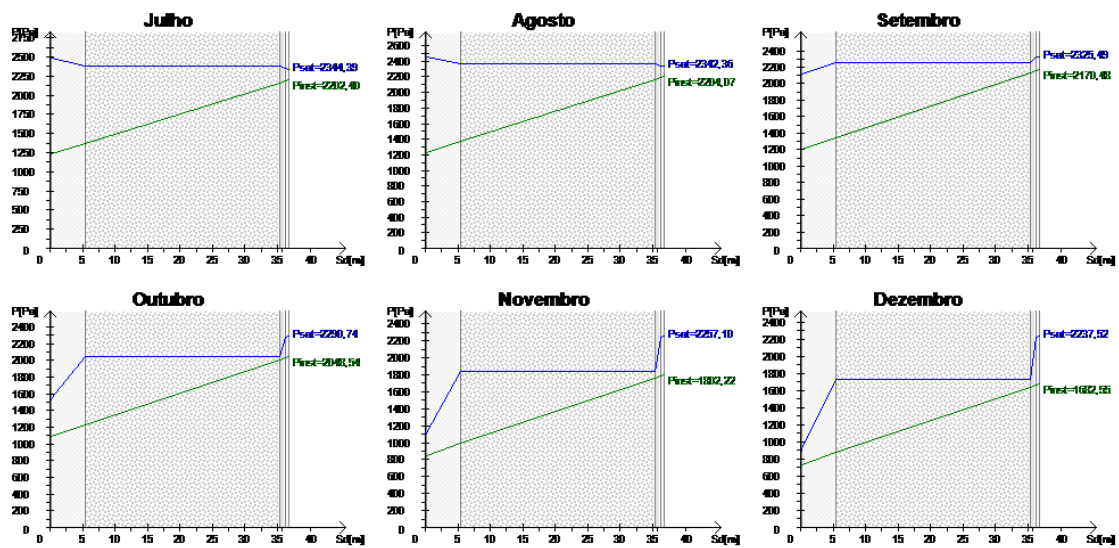
Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



▪ Simulação 2.2.2





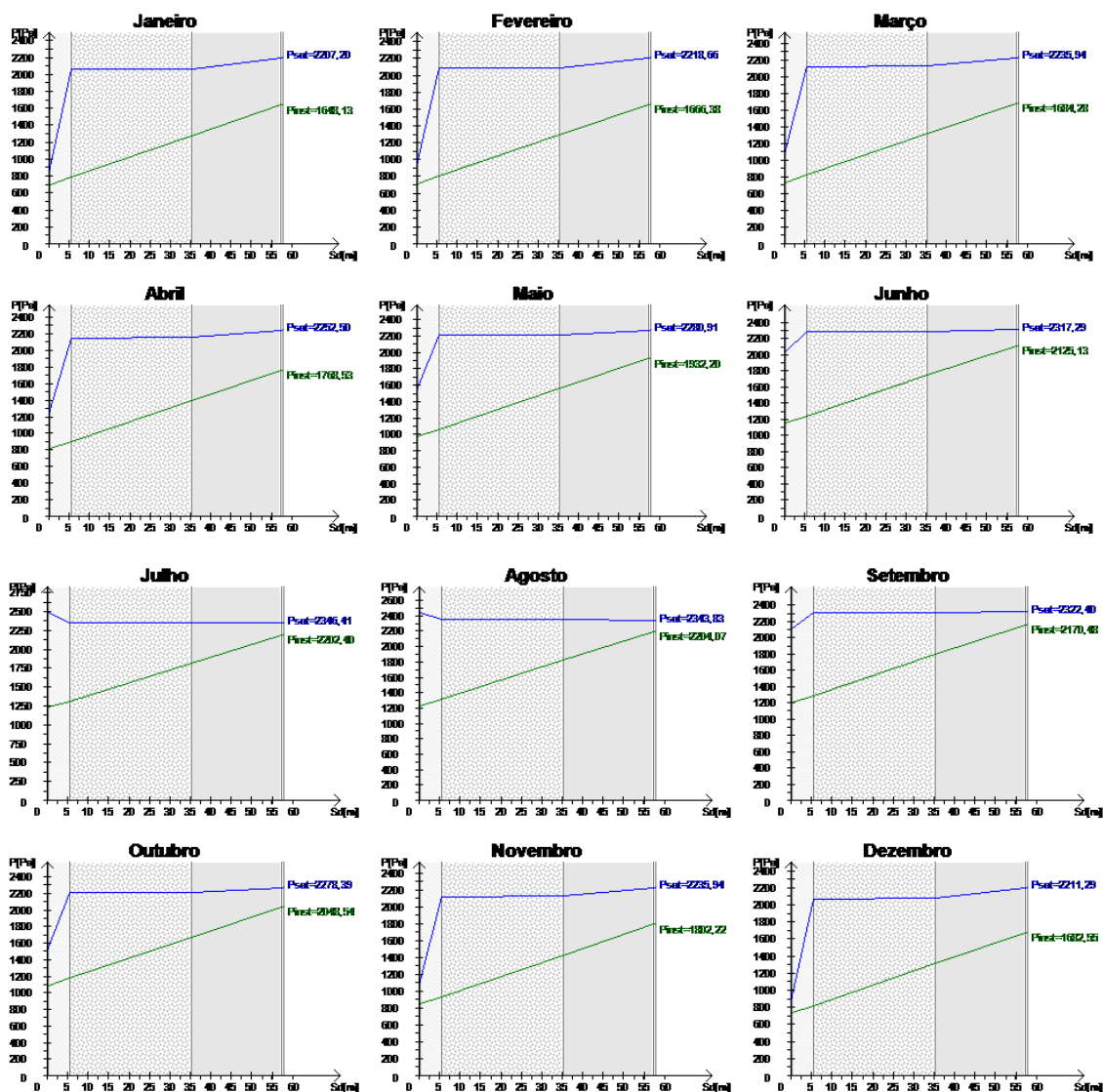
▪ Simulação 2.2.3

	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
►	Inerte grosso rolado	0,7	4	0,05	
	Poliestireno extrudido	0,037	105	0,05	
	Membranas de pvc	0,2	19900	0,0015	
	Betão normal	2	110	0,2	
	Revestimento interior	1,3	28	0,02	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maiço	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



2.2. COBERTURAS EM DESVÃO VENTILADO

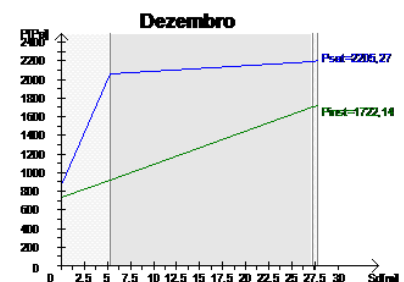
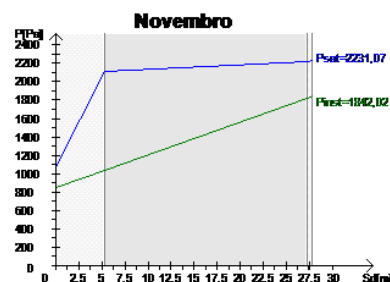
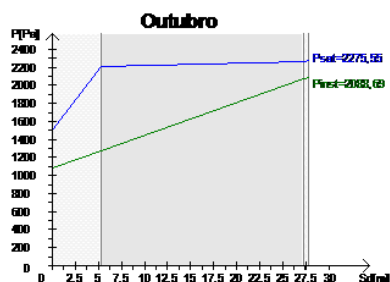
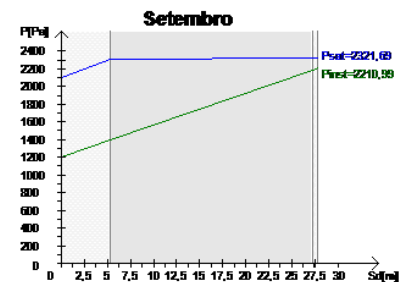
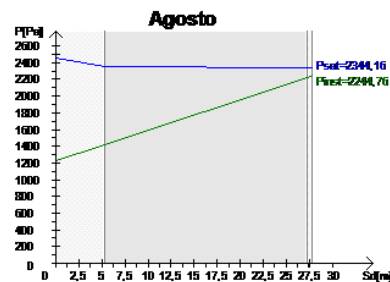
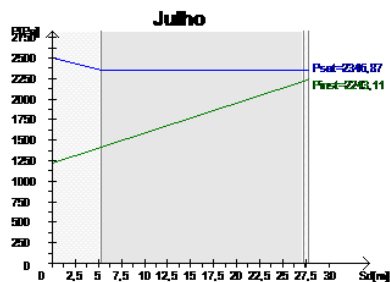
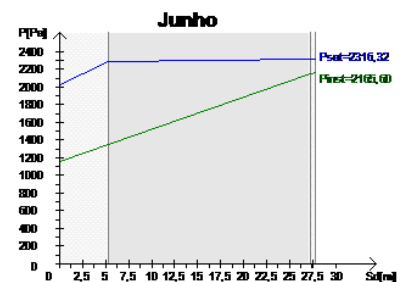
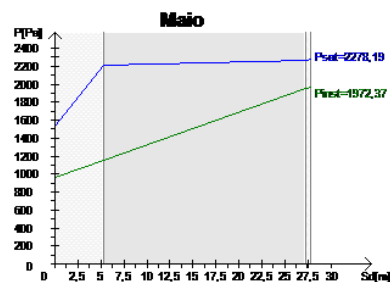
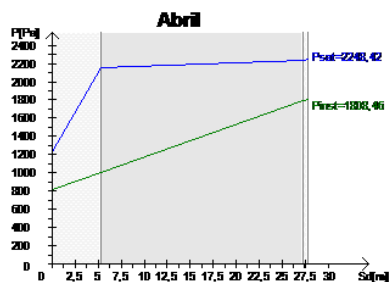
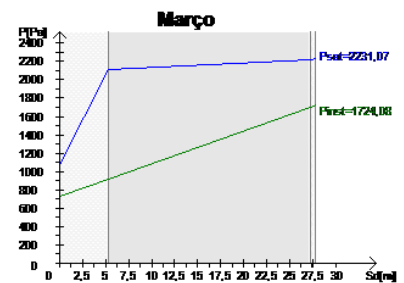
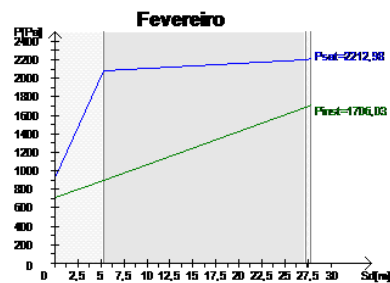
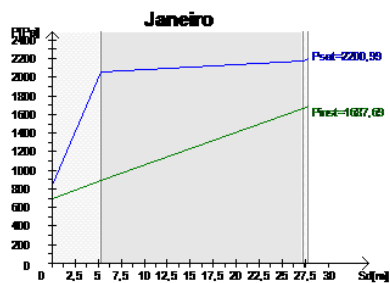
■ Simulação 2.3.1

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Poliestireno extrudido	0,037	105	0,05	
	Betão normal	2	110	0,2	
	Reboco interior	1,3	28	0,02	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



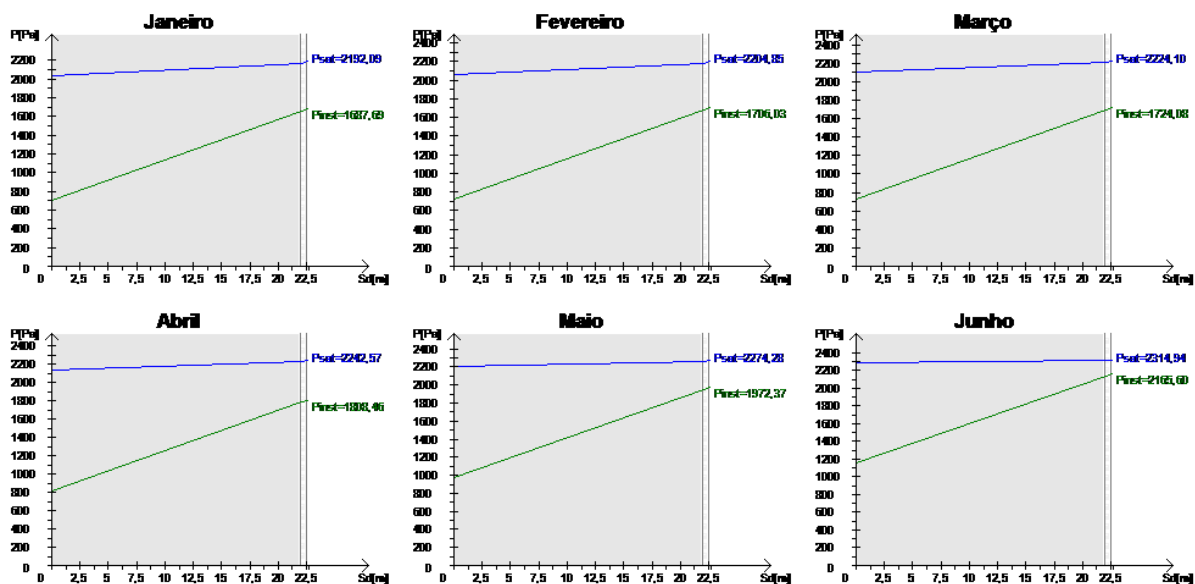
▪ Simulação 2.3.2

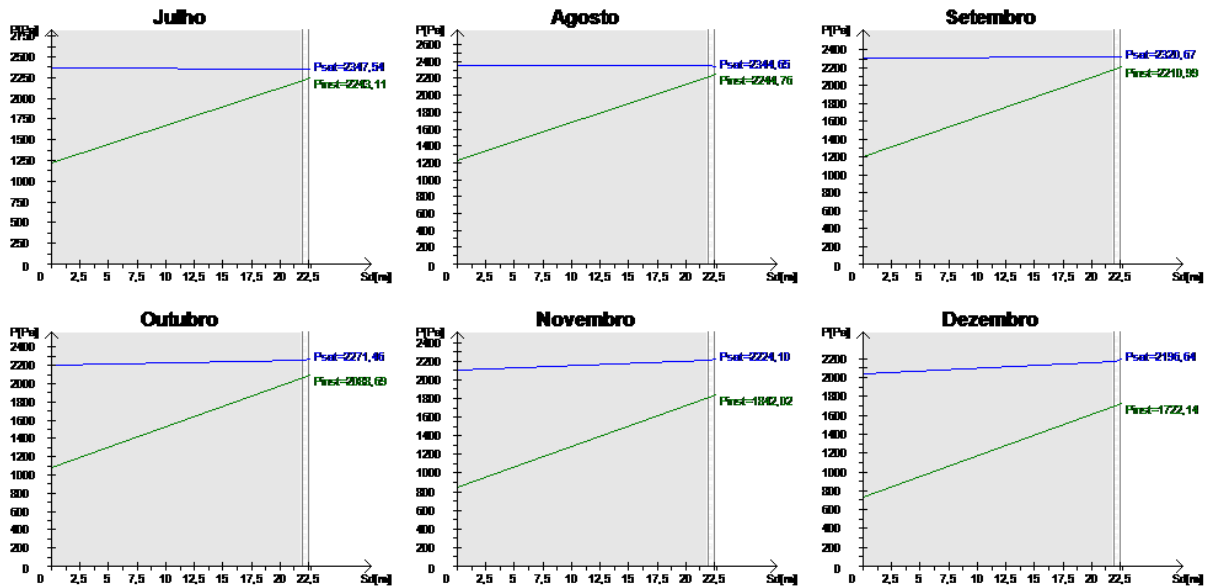
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Lã mineral	0,04	0,76	0,05	
	Betão normal	2	110	0,2	
	Reboco interior	1,3	28	0,02	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





2.3. COBERTURAS INCLINADAS

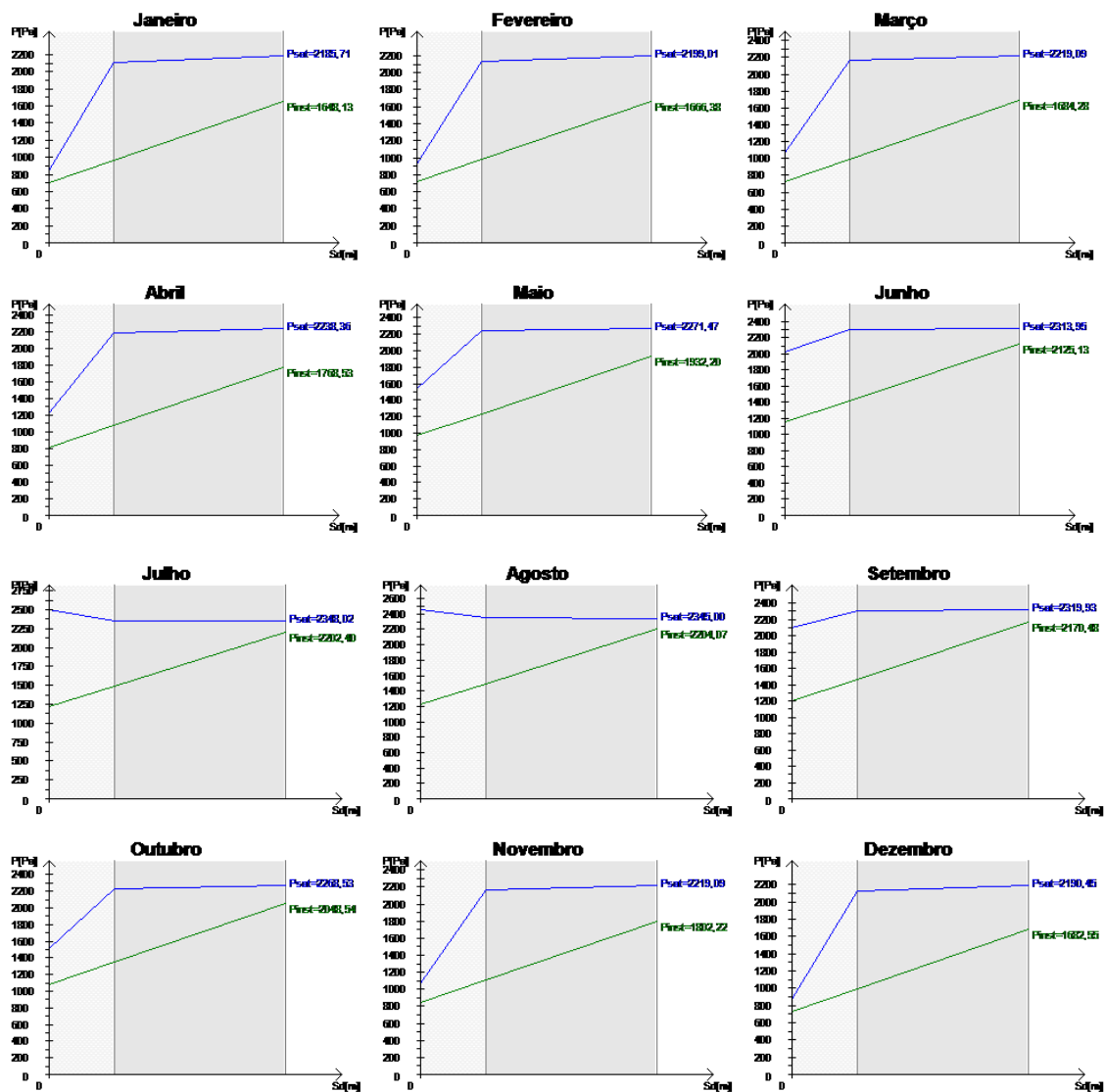
▪ Simulação 2.4.1

	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Lã mineral	0,04	0,76	0,05	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



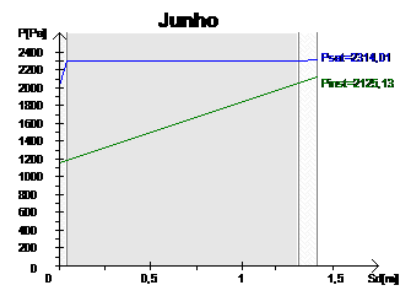
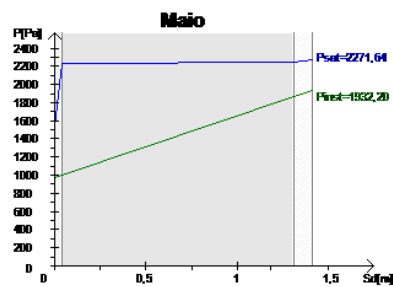
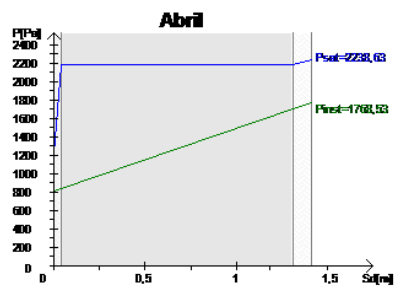
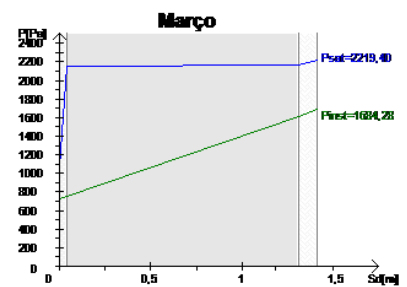
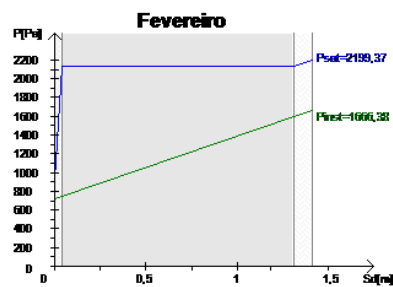
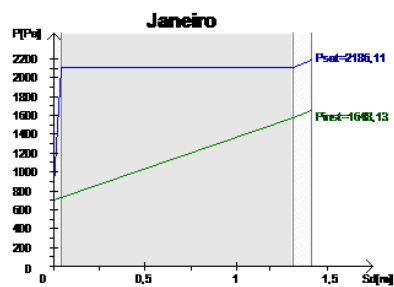
Simulação 2.4.2

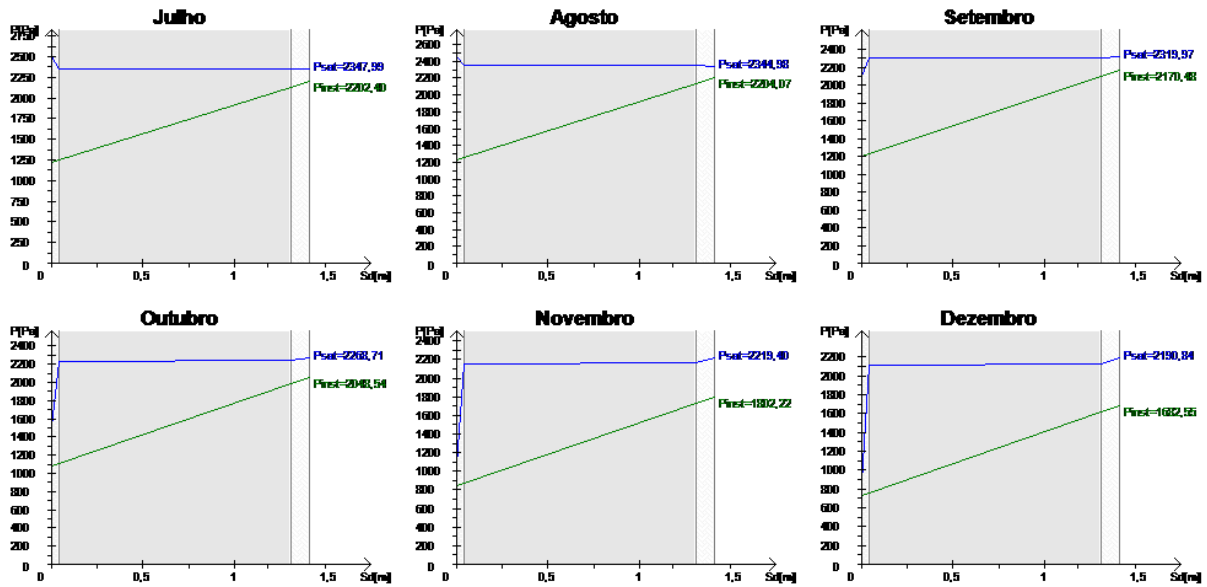
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
►	Lã mineral	0,04	0,76	0,05	
	Pintura de borracha	0,17	1900	0,00067	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





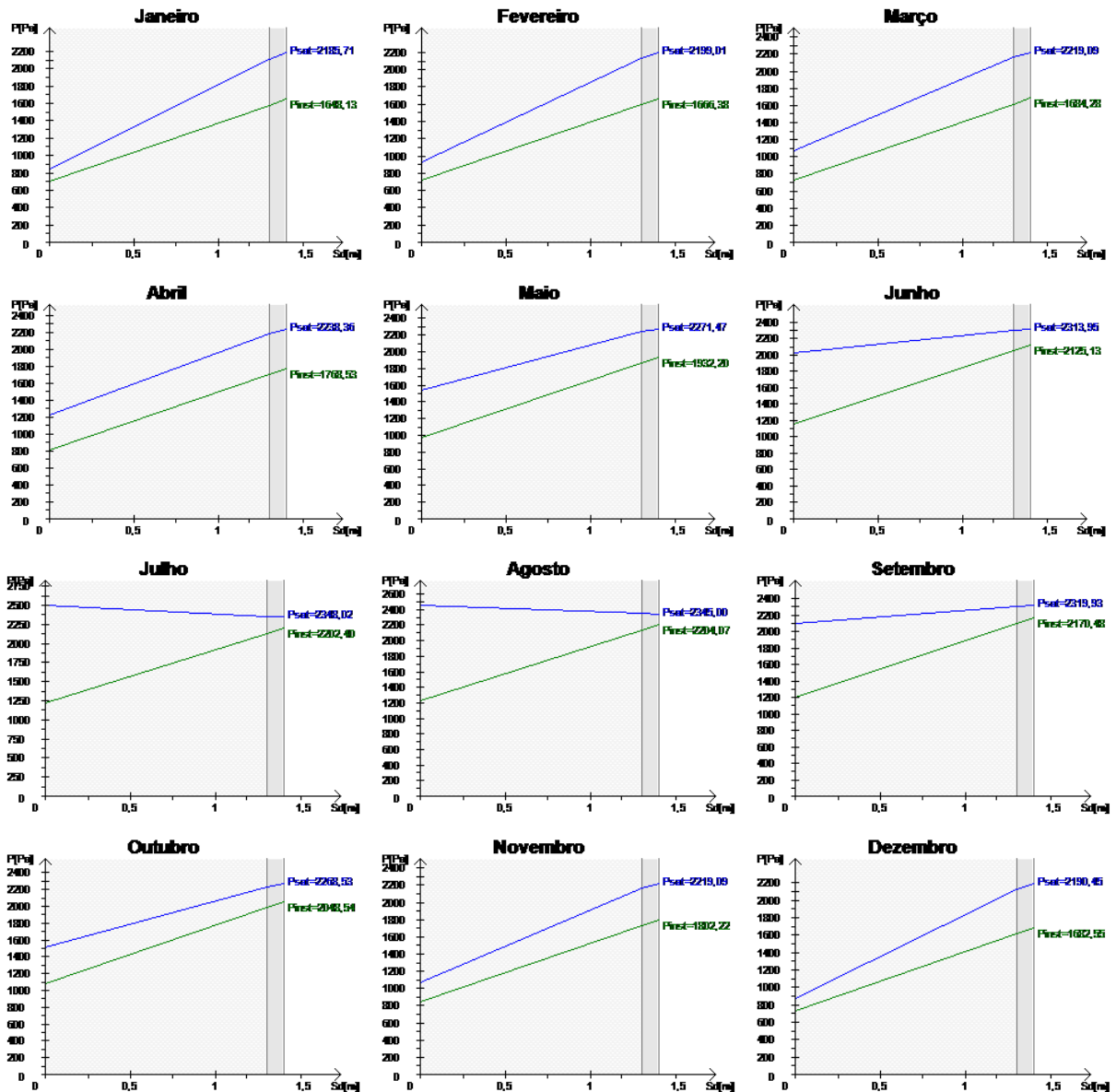
▪ Simulação 2.4.3

	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Poliestireno expandido	0,04	26	0,05	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



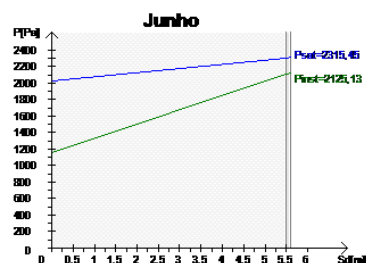
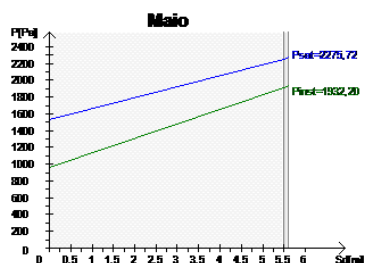
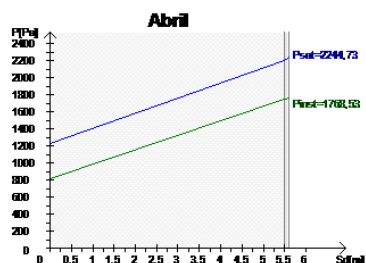
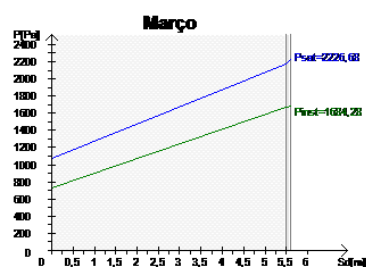
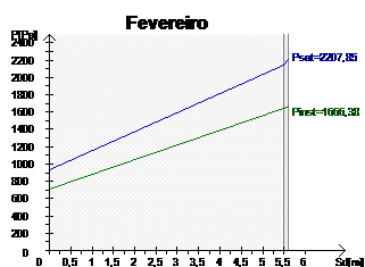
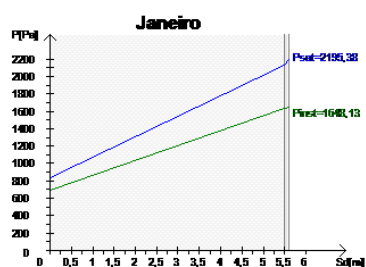
▪ Simulação 2.4.4

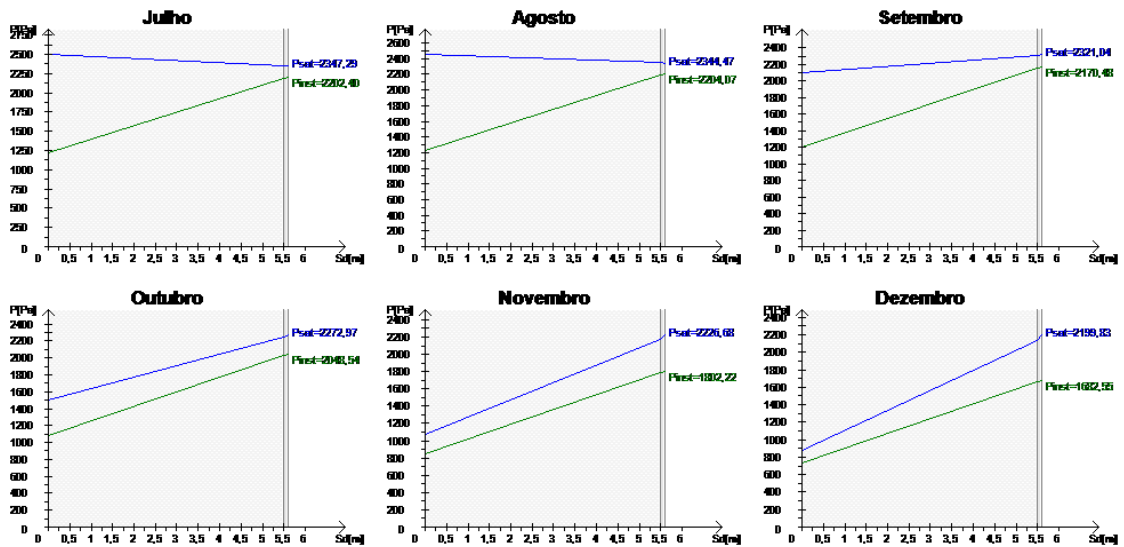
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Poliestireno extrudido	0,037	110	0,05	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





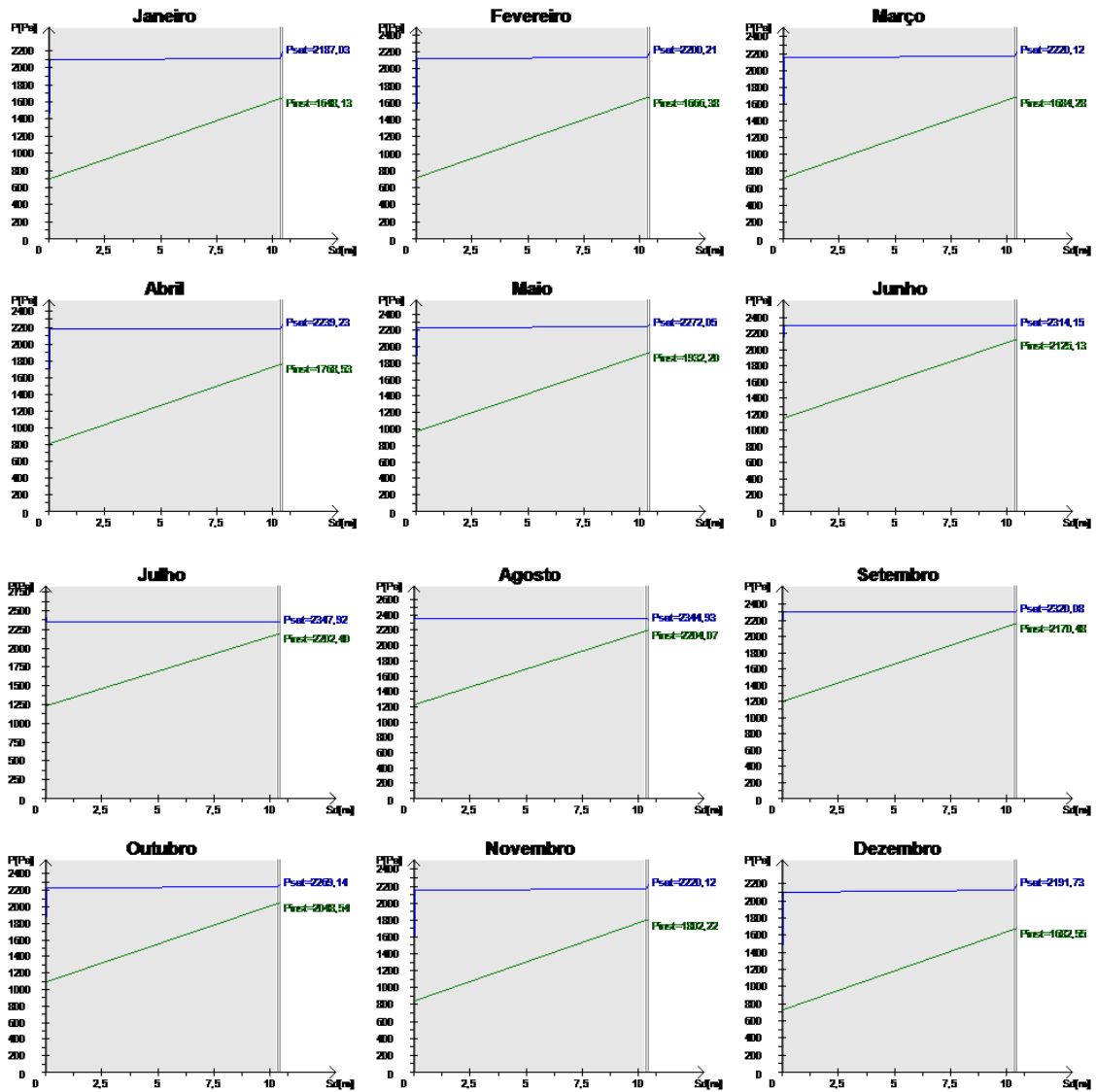
▪ Simulação 2.4.5

	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Lã mineral	0,04	0,76	0,05	
	Feltro betuminoso	0,23	3430	0,003	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maiο	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



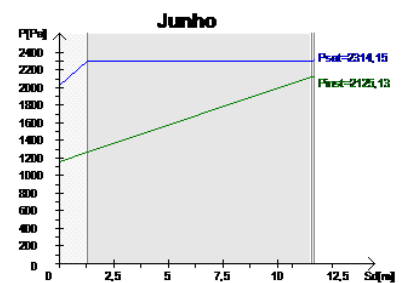
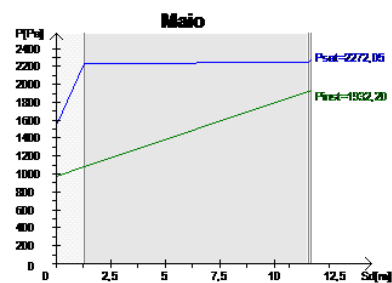
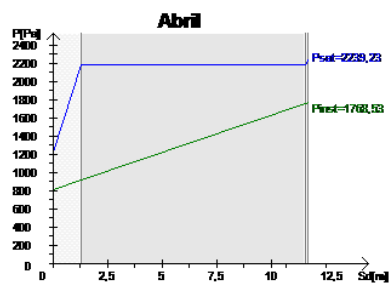
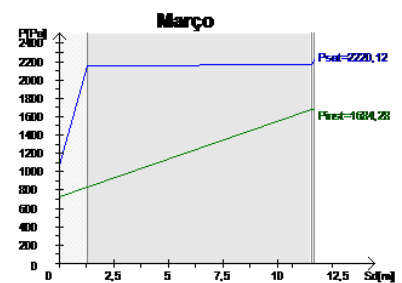
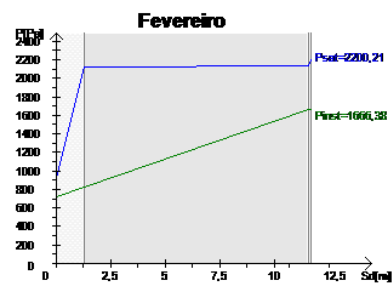
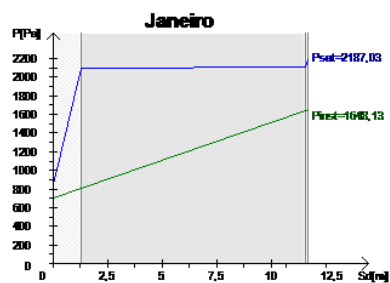
Simulação 2.4.6

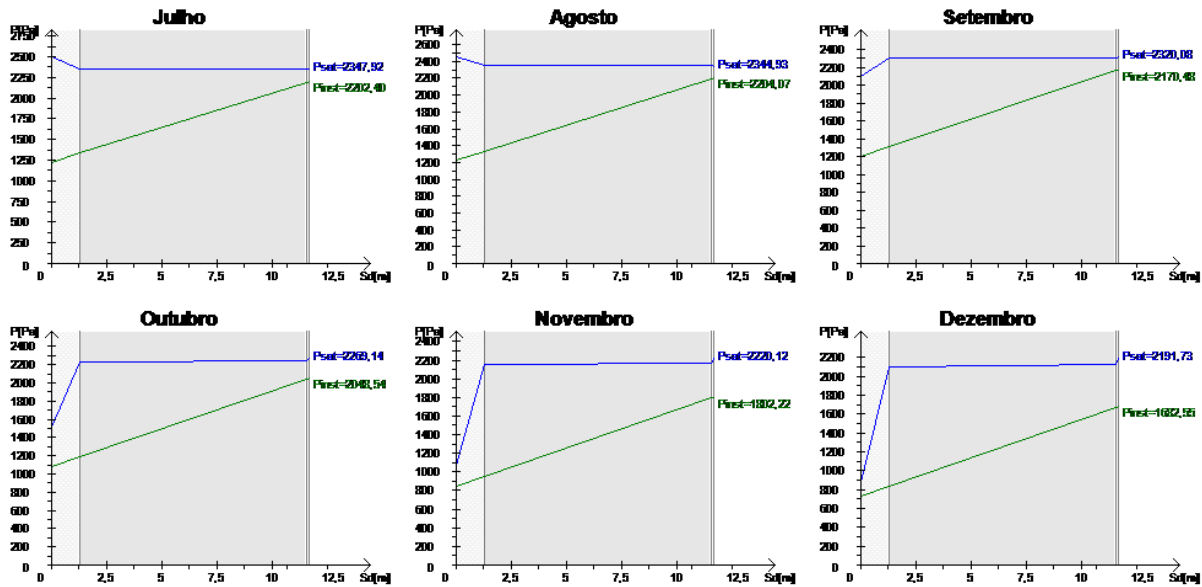
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Poliestireno expandido	0,04	26	0,05	
	Feltro betuminoso	0,23	3430	0,003	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





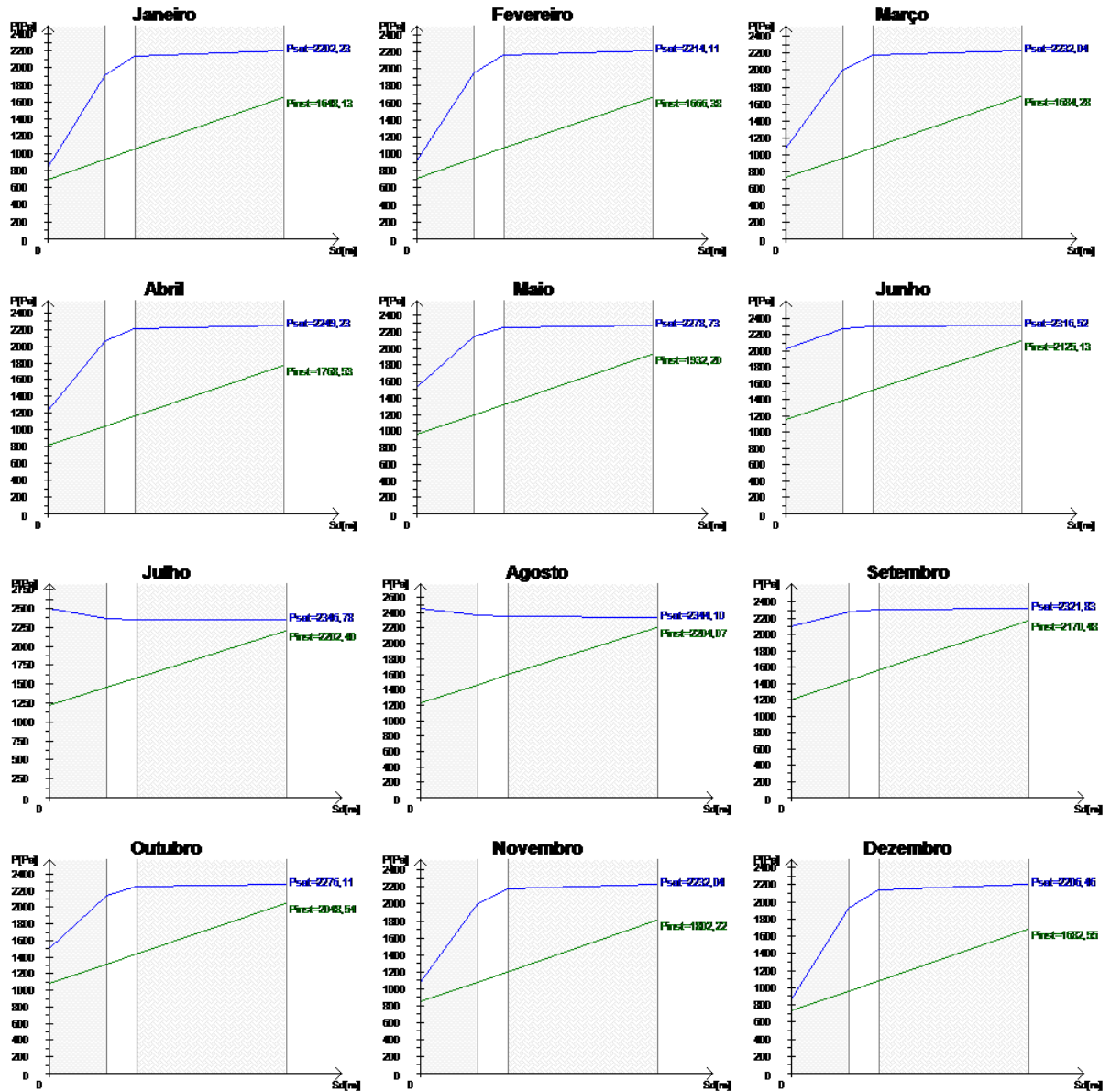
▪ Simulação 2.4.7

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Lã mineral	0,04	0,76	0,05	
	Caixa de ar	0,11	1	0,02	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maió	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



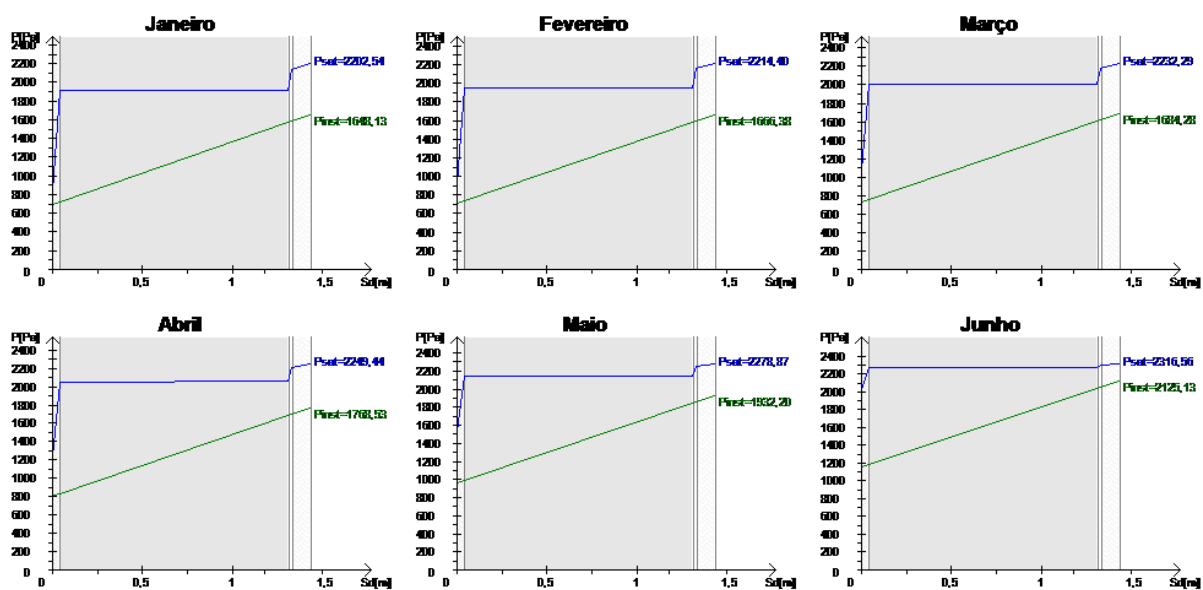
▪ Simulação 2.4.8

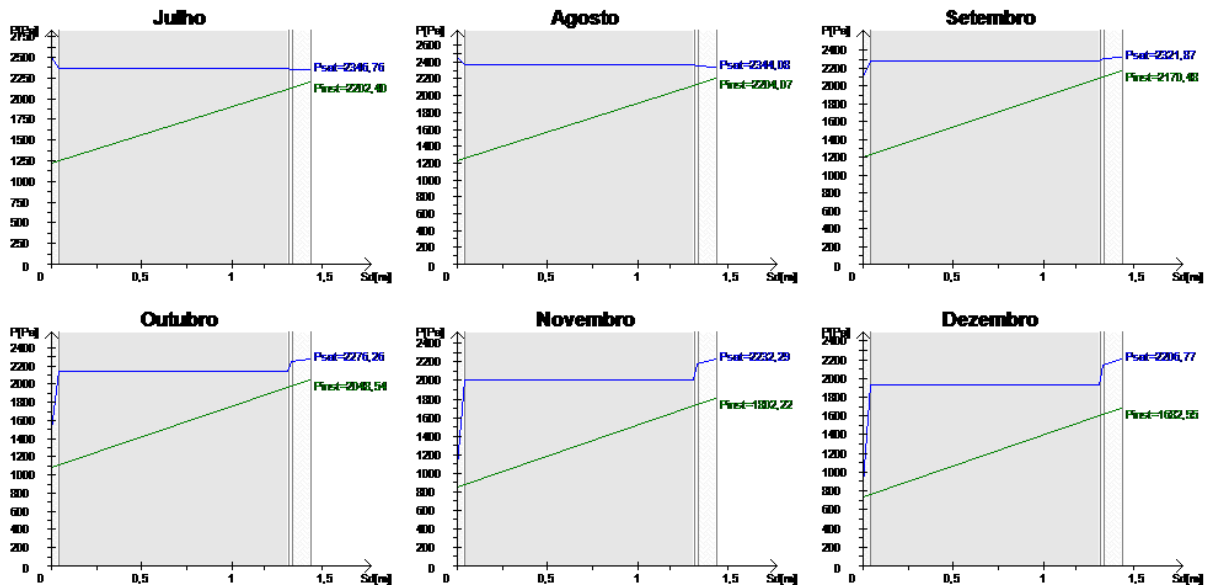
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Lã mineral	0,04	0,76	0,05	
	Pintura de borracha	0,17	1900	0,00067	
	Caixa de ar	0,11	1	0,02	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





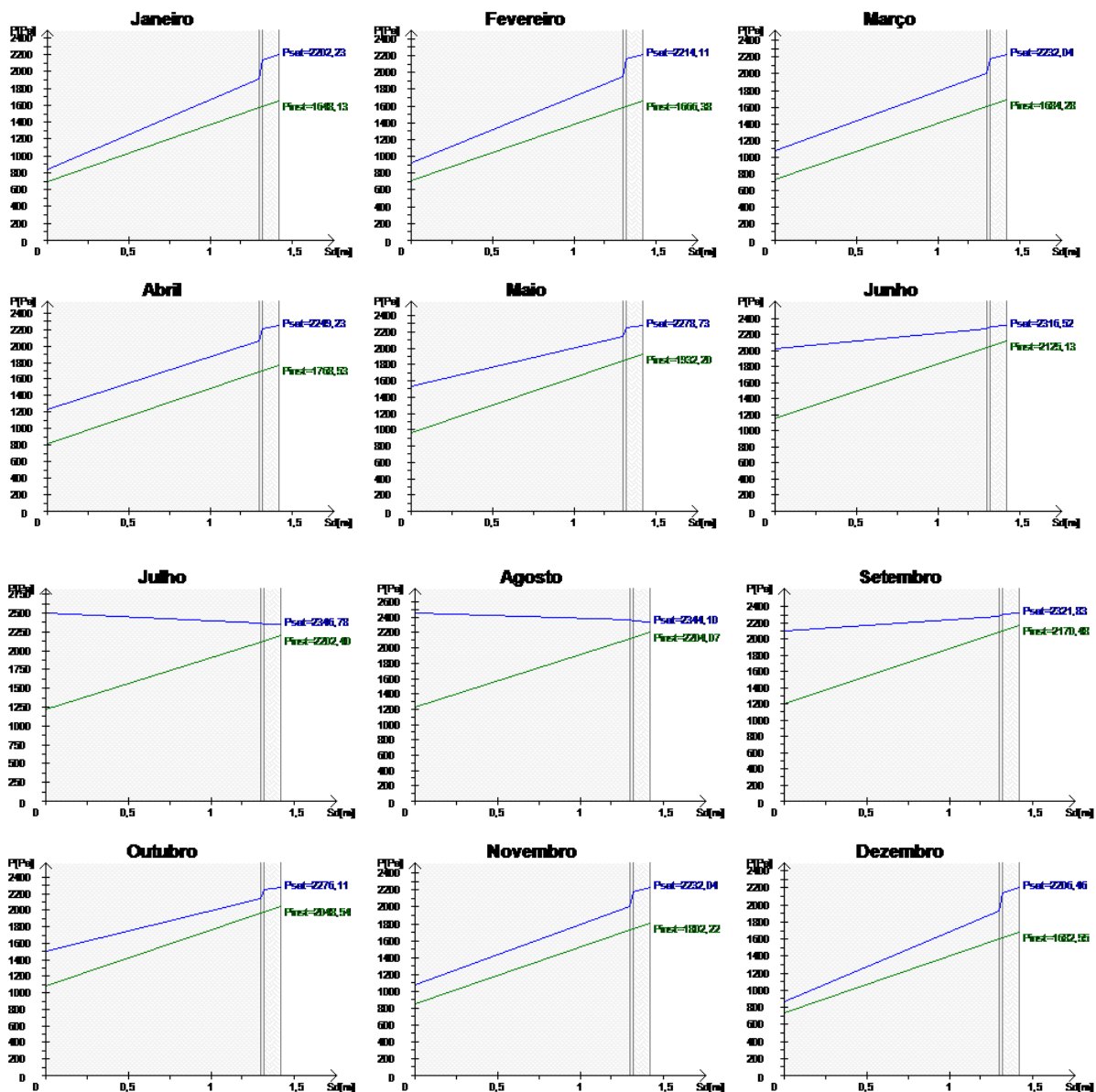
▪ Simulação 2.4.9

	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,05	
	Caixa de ar	0,11	1	0,02	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



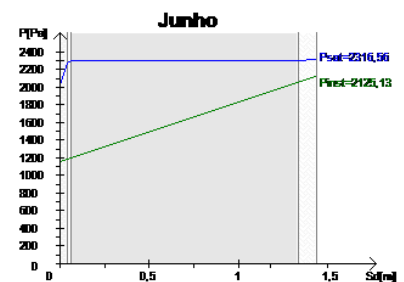
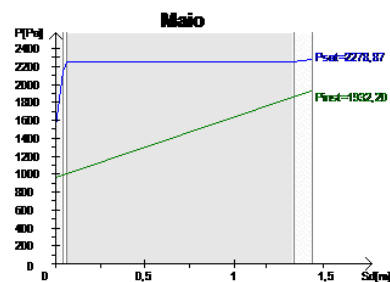
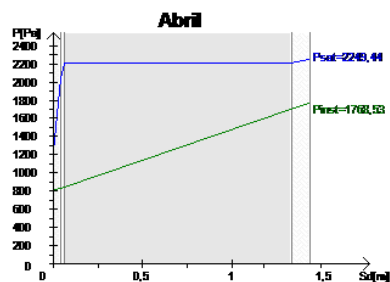
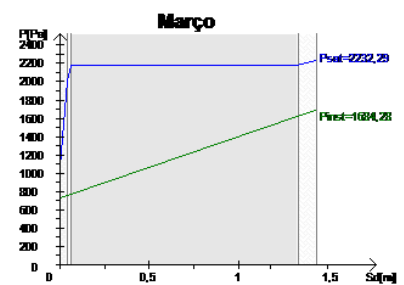
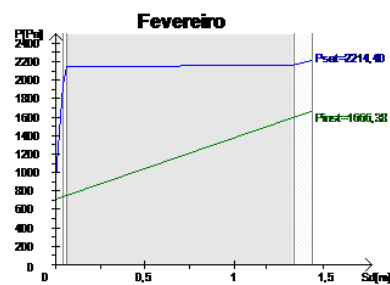
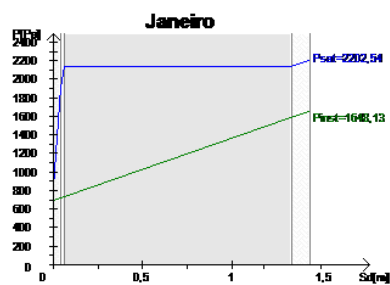
■ Simulação 2.4.10

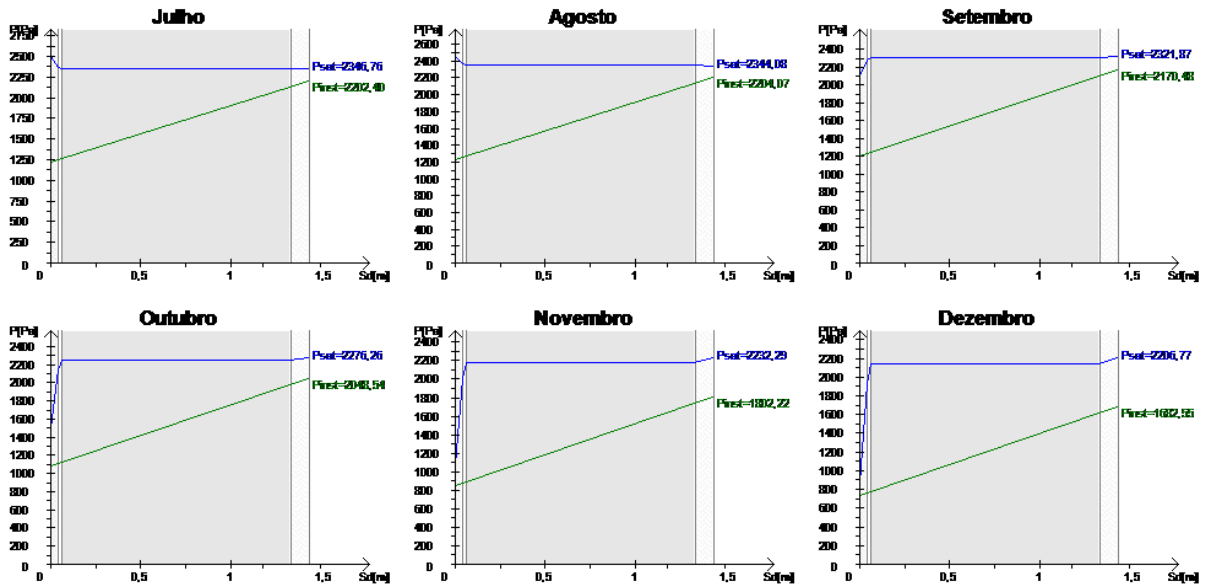
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Lã mineral	0,04	0,76	0,05	
	Caixa de ar	0,11	1	0,02	
	Pintura de borracha	0,17	1900	0,00067	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





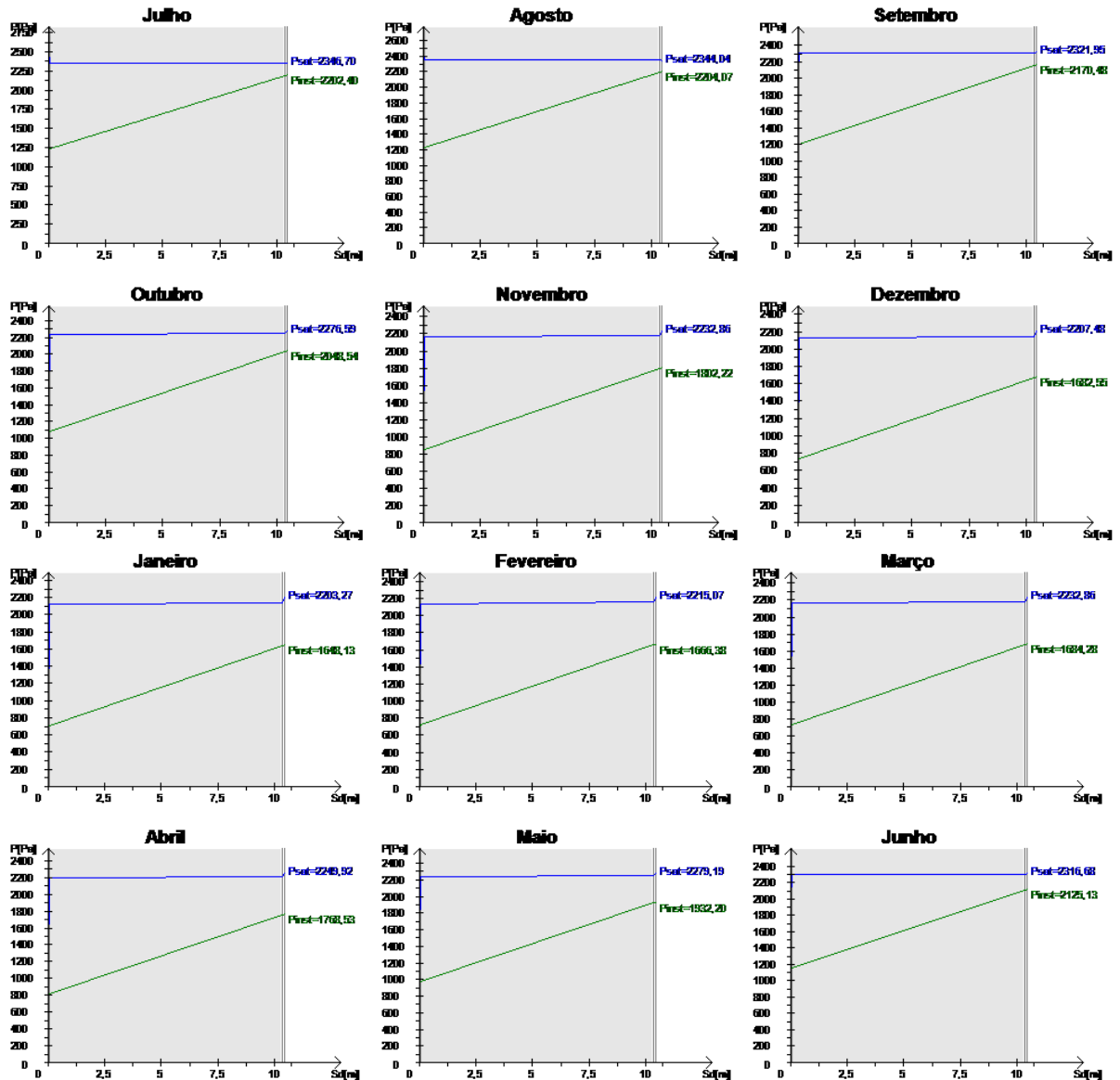
▪ Simulação 2.4.11

	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Lã mineral	0,04	0,76	0,05	
	Caixa de ar	0,11	1	0,02	
	Feltro betuminoso	0,23	3430	0,003	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maió	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



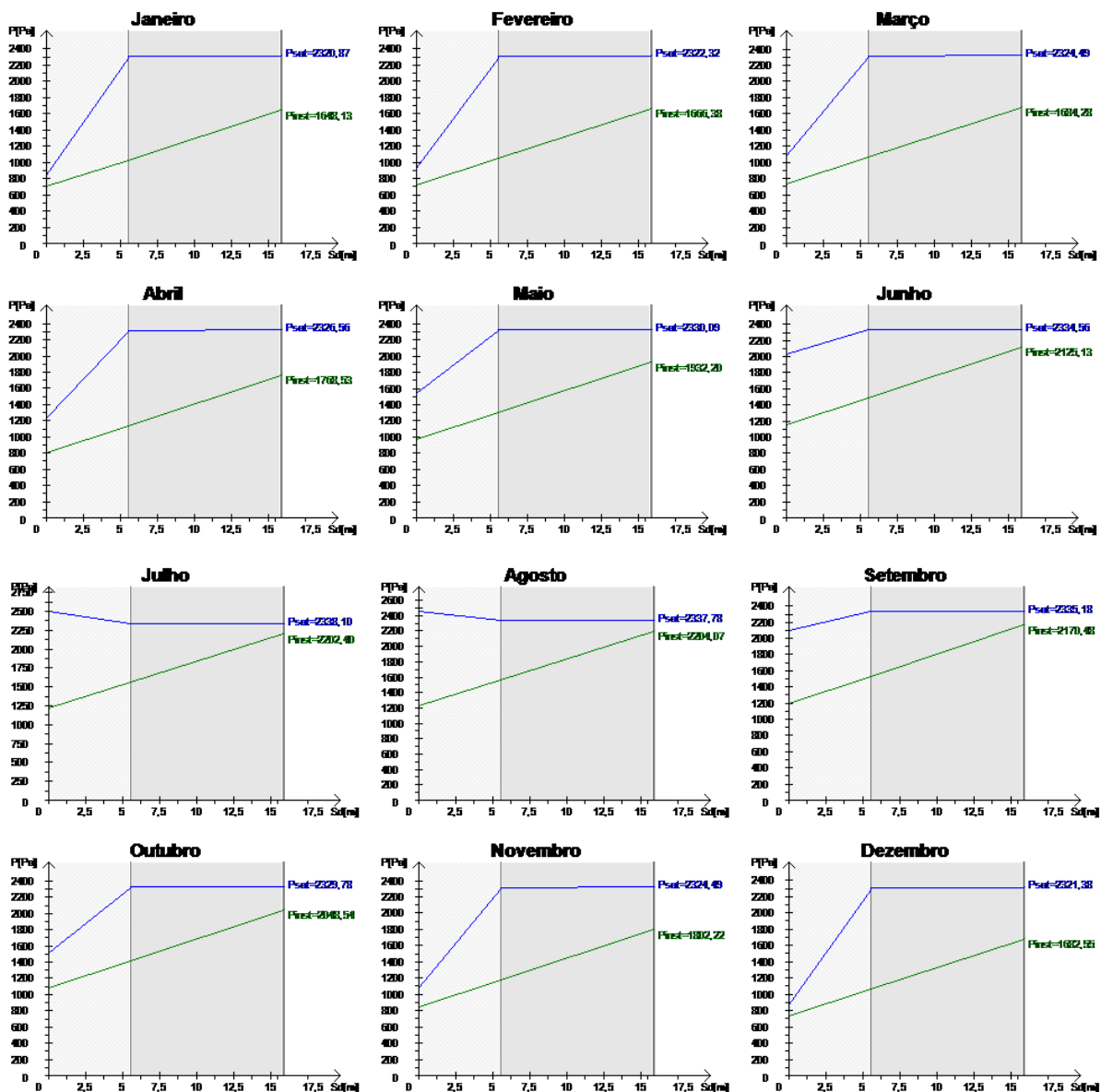
▪ Simulação 2.4.12

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Poliestireno extrudado	0,0037	110	0,05	
	Caixa de ar	0,11	1	0,02	
	Filtro betuminoso	0,23	3430	0,003	
	Gesso cartonado	0,25	8	0,0125	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,2	1648,13
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,2	1666,37
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,2	1684,27
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,2	1768,52
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,2	1932,20
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,2	2125,12
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,2	2202,40
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,2	2204,07
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,2	2170,48
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,2	2048,53
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,2	1802,21
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,2	1682,55

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



3. PAVIMENTOS

3.1. PAVIMENTOS EXTERIORES ELEVADOS

▪ Simulação 3.1.1.1

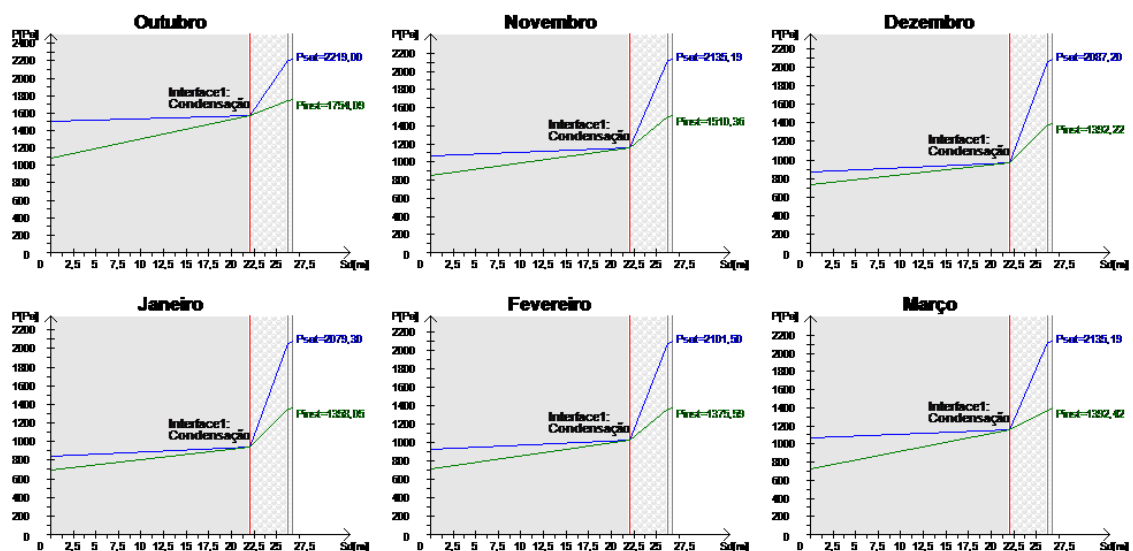
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Betão normal	2	110	0,2	
	Poliestireno extrudido	0,037	105	0,04	
	Revestimento interior	1,3	28	0,02	
*					

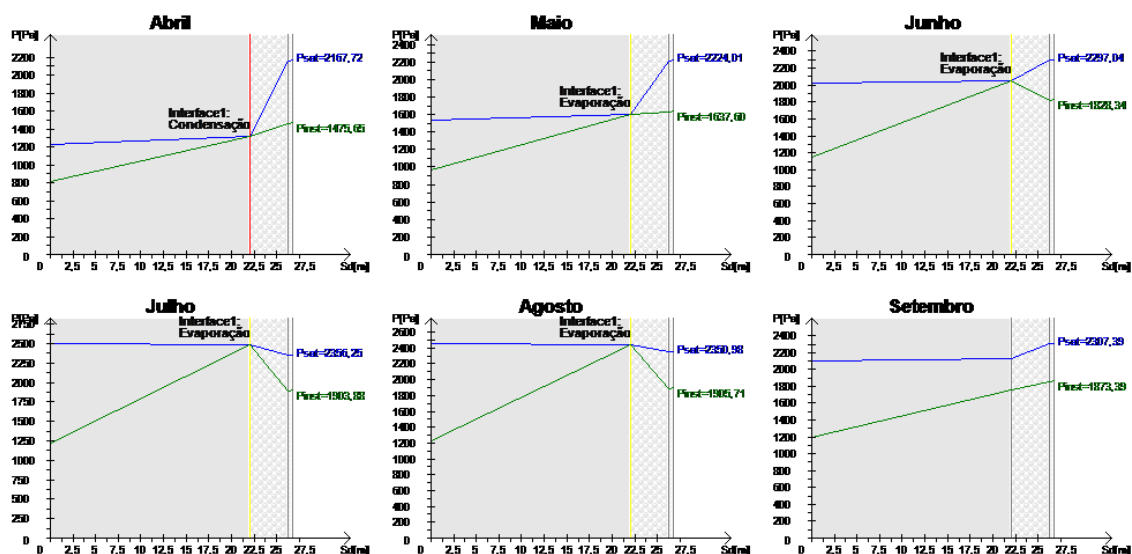
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]	g_{c1} [kg/(m²s)]	$Ma1$ [Kg/m²]
▶	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	5	1754,08	3,03E-09	0,0081
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	5	1510,36	1,17E-08	0,0385
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	5	1392,21	1,57E-08	0,0806
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	5	1358,05	1,55E-08	0,1221
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	5	1375,58	1,20E-08	0,1512
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	5	1392,41	5,71E-09	0,1665
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	5	1475,65	2,33E-09	0,1725
	Maió	744	13,4	63	968,043	20,0	5	1637,59	-4,35E-09	0,1608
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	5	1828,33	-1,76E-08	0,1151
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	5	1903,88	-3,58E-08	0,0192
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	5	1905,70	-3,36E-08	0
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	5	1873,38	0,00E+00	0

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas mas prevê-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão:

- Poderão existir riscos de degradação dos materiais de construção;
- A performance térmica do elemento construtivo poderá ser afectada;

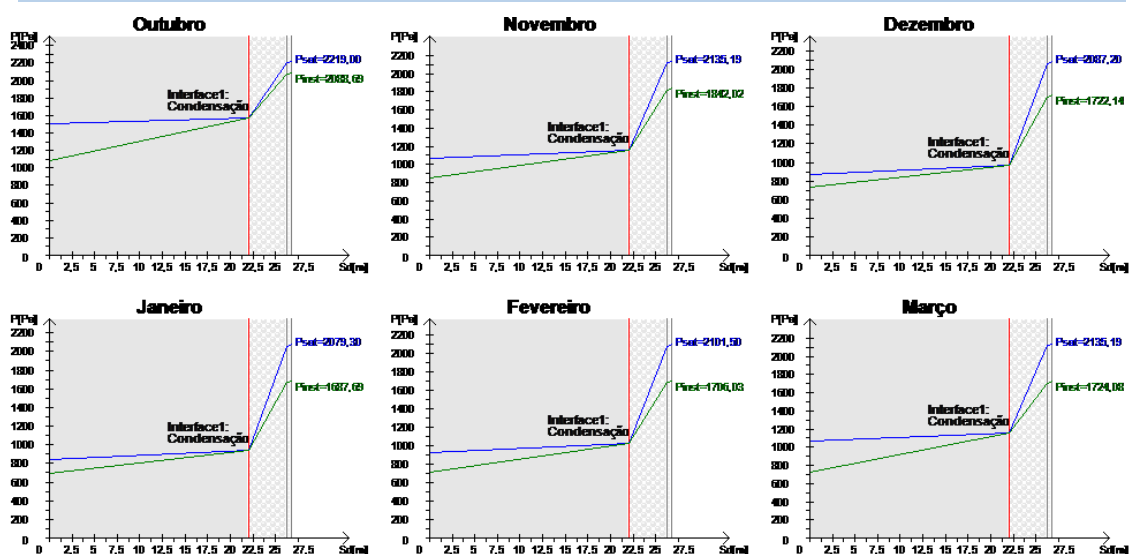


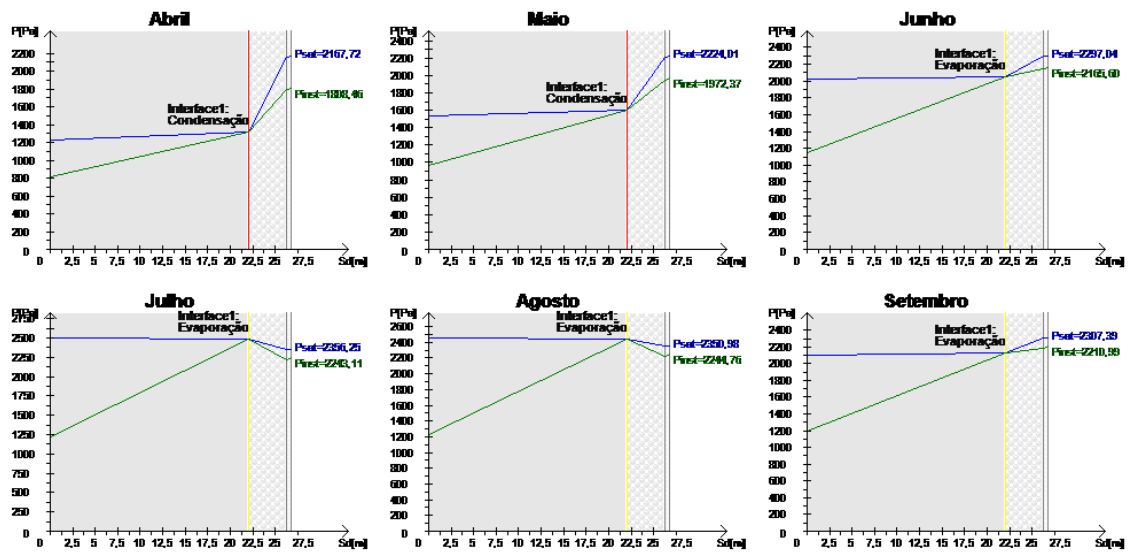


Resultados da Análise										
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]	g_{c1} [kg/(m²s)]	$Ma1$ [Kg/m²]
►	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69	1,71E-08	0,0458
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01	2,57E-08	0,1124
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14	2,96E-08	0,1917
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68	2,94E-08	0,2703
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03	2,59E-08	0,3330
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07	1,96E-08	0,3856
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46	1,63E-08	0,4279
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37	9,71E-09	0,4539
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59	-3,48E-09	0,4449
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10	-2,16E-08	0,3871
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75	-1,94E-08	0,3352
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99	-4,79E-09	0,3228

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise, não se verificando a possibilidade da sua secagem por completo durante os meses de verão. Deverão ser alteradas as características do elemento em estudo para que seja possível utilizá-lo sob as condições climáticas escolhidas.





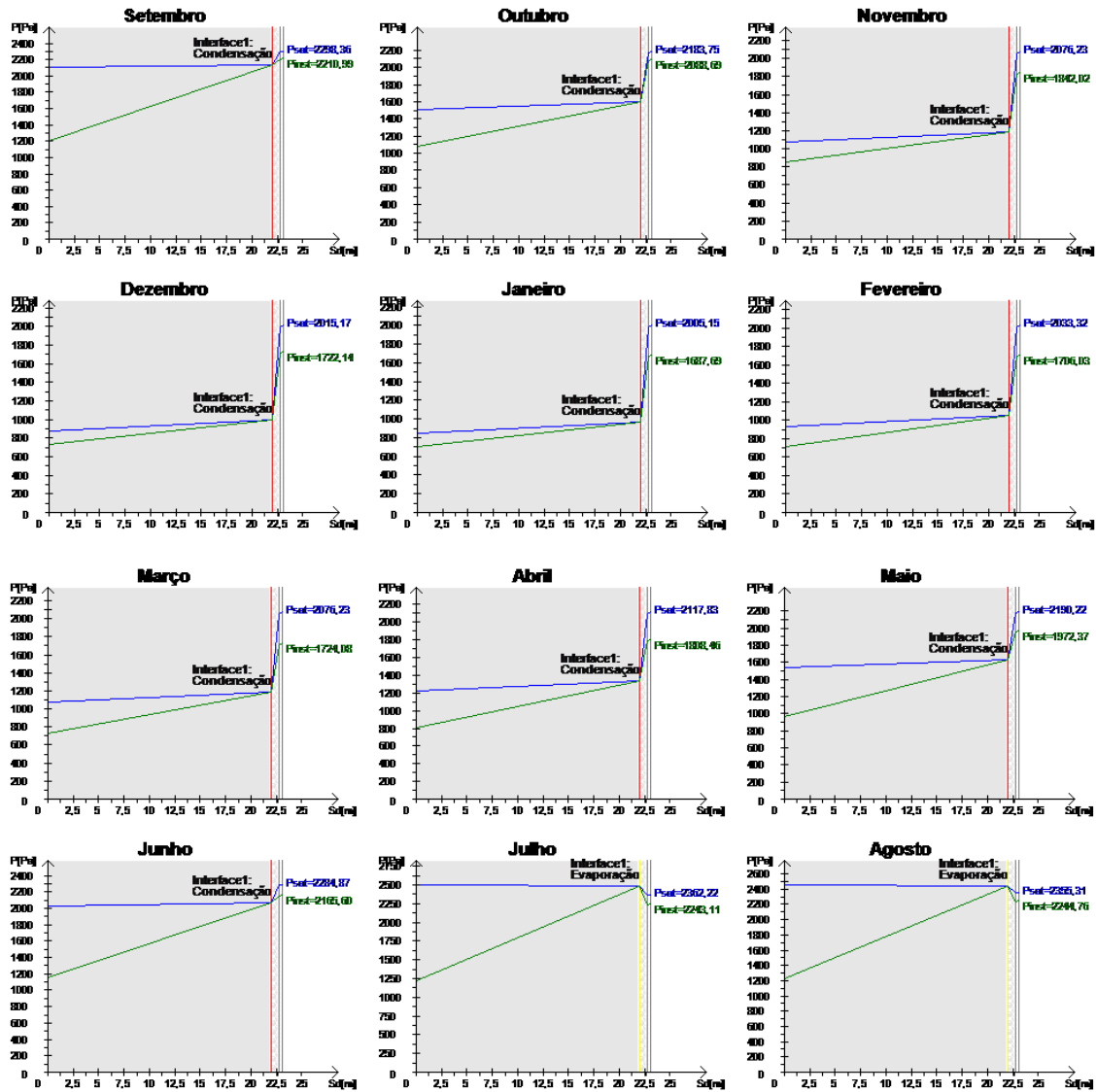
Simulação 3.1.1.2

	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
►	Betão normal	2	110	0,2	
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,03	
	Revestimento interior	1,3	15	0,02	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]	g_{c1} [kg/(m²s)]	$Ma1$ [Kg/m²]
►	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99	6,25E-09	0,0162
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69	8,63E-08	0,2473
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01	1,17E-07	0,5513
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14	1,32E-07	0,9040
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68	1,31E-07	1,2541
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03	1,18E-07	1,5392
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07	9,44E-08	1,7920
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46	8,22E-08	2,0051
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37	5,84E-08	2,1615
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59	1,08E-08	2,1894
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10	-5,51E-08	2,0419
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75	-4,71E-08	1,9158

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise, não se verificando a possibilidade da sua secagem por completo durante os meses de verão. Deverão ser alteradas as características do elemento em estudo para que seja possível utilizá-lo sob as condições climáticas escolhidas.

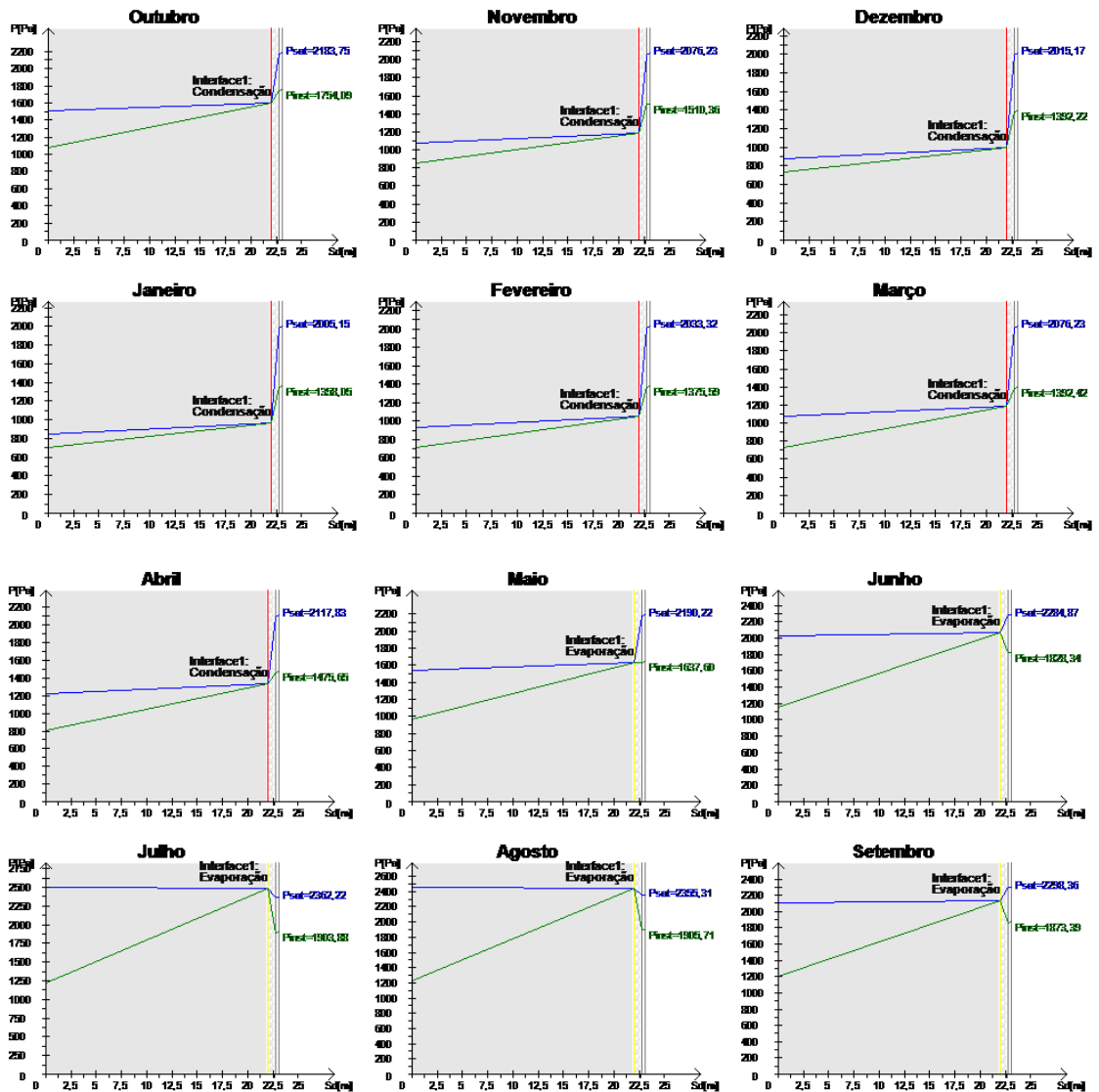


Resultados da Análise										
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]	g_{c1} [kg/(m²s)]	$Ma1$ [Kg/m²]
►	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	5	1754,08	2,43E-08	0,0652
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	5	1510,36	5,59E-08	0,2100
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	5	1392,21	7,06E-08	0,3990
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	5	1358,05	6,97E-08	0,5856
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	5	1375,58	5,67E-08	0,7227
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	5	1392,41	3,30E-08	0,8110
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	5	1475,65	2,06E-08	0,8643
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	5	1637,59	-3,60E-09	0,8547
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	5	1828,33	-5,17E-08	0,7208
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	5	1903,88	-1,18E-07	0,4050
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	5	1905,70	-1,10E-07	0,1107
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	5	1873,38	-5,63E-08	0

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas mas prevê-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão:

- Poderão existir riscos de degradação dos materiais de construção;
- A performance térmica do elemento construtivo poderá ser afectada;



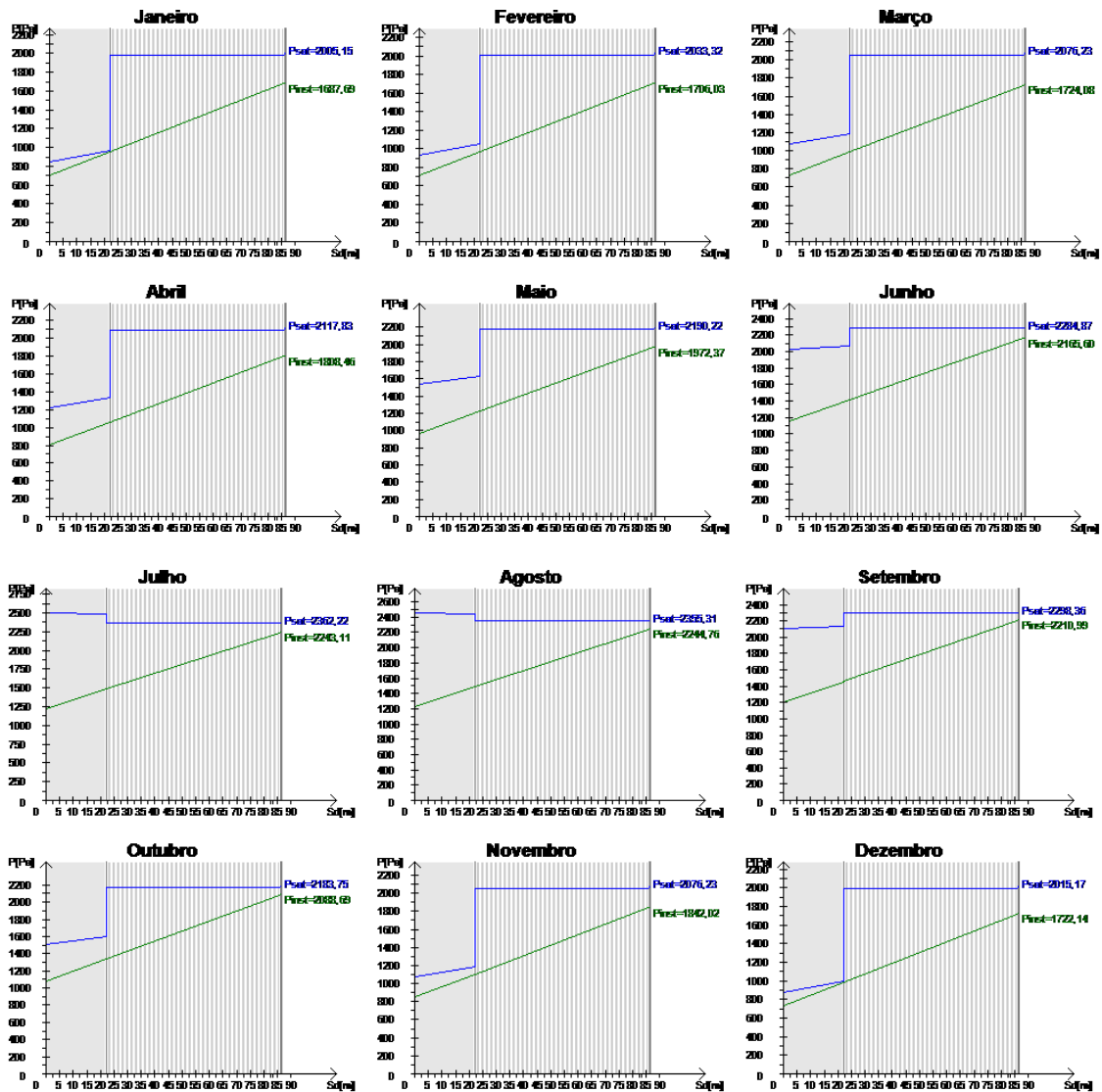
Simulação 3.1.1.3

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
►	Betão normal	2	110	0,2	
	Lã mineral	0,04	0,76	0,03	
	Folhas de alumínio	230	2555000	2,5E-05	
	Revestimento interior	1,3	15	0,02	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



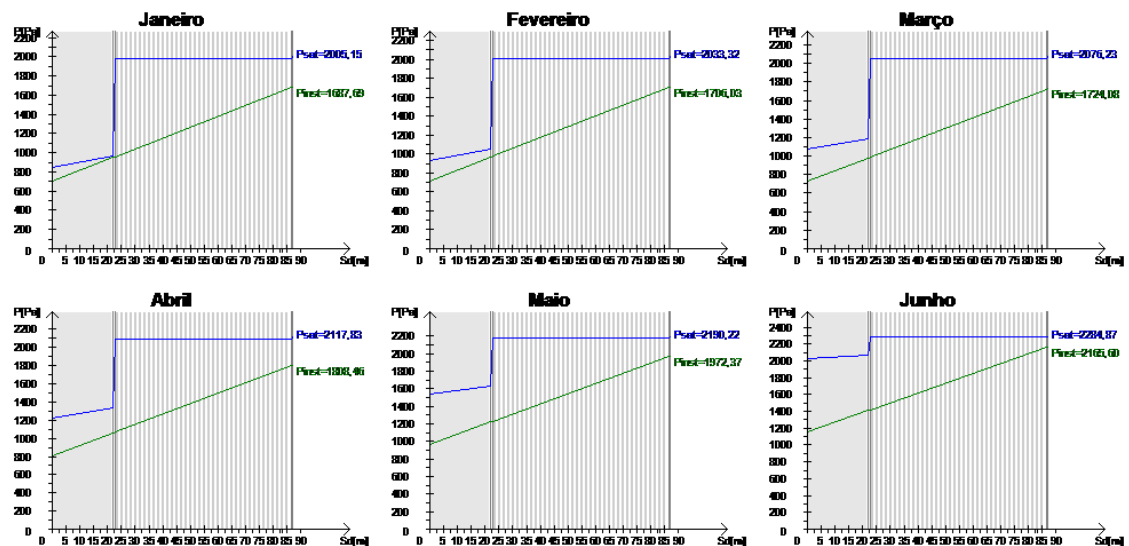
▪ Simulação 3.1.1.4

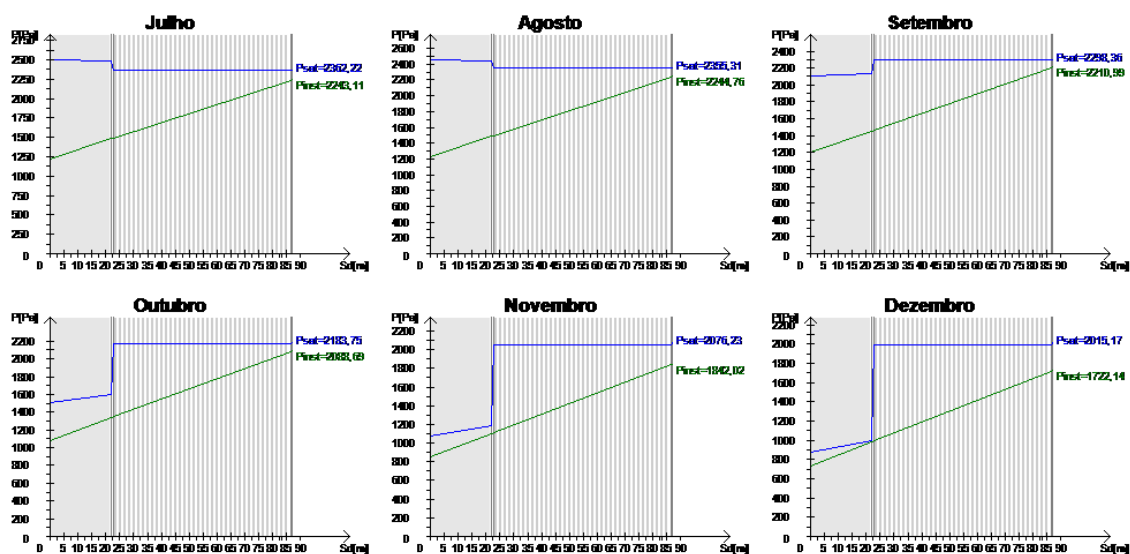
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Betão normal	2	110	0,2	
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,03	
	Folhas de alumínio	230	2555000	2,5E-05	
	Revestimento interior	1,3	15	0,02	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maiο	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

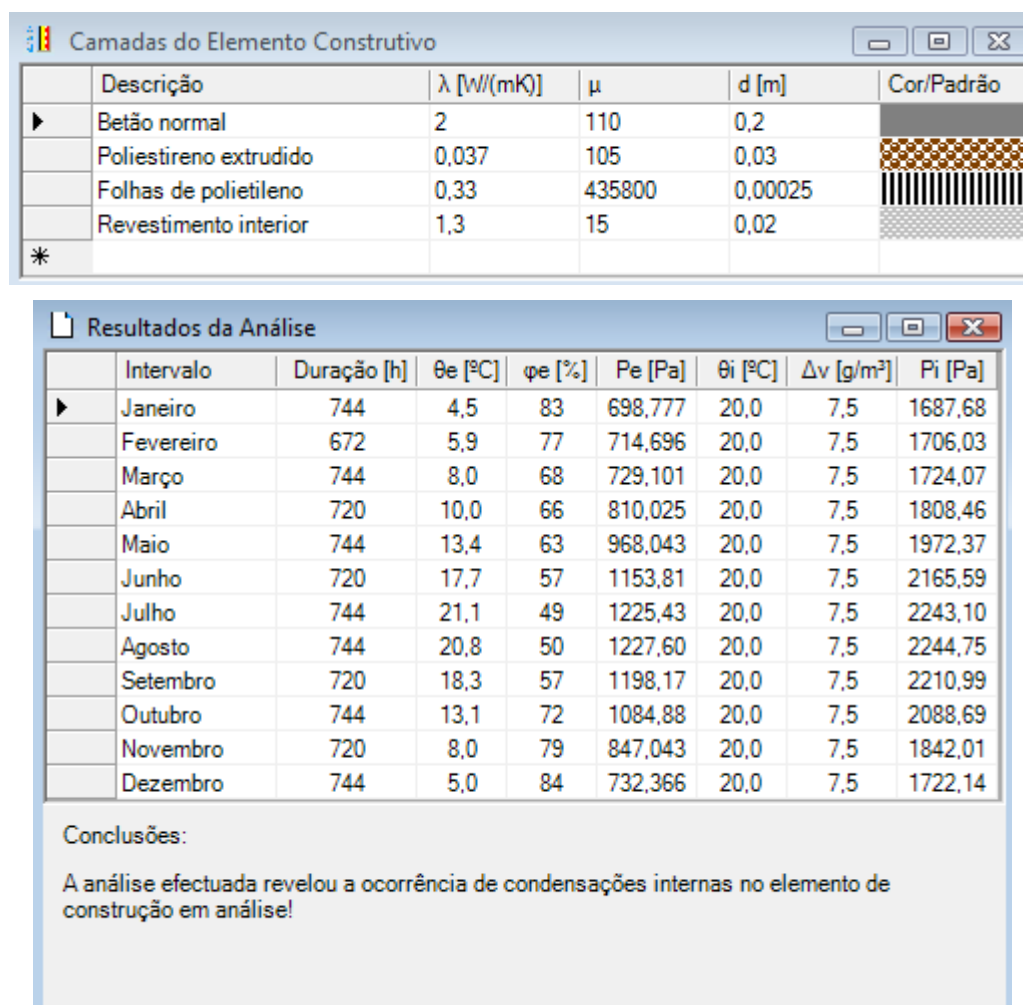
Conclusões:

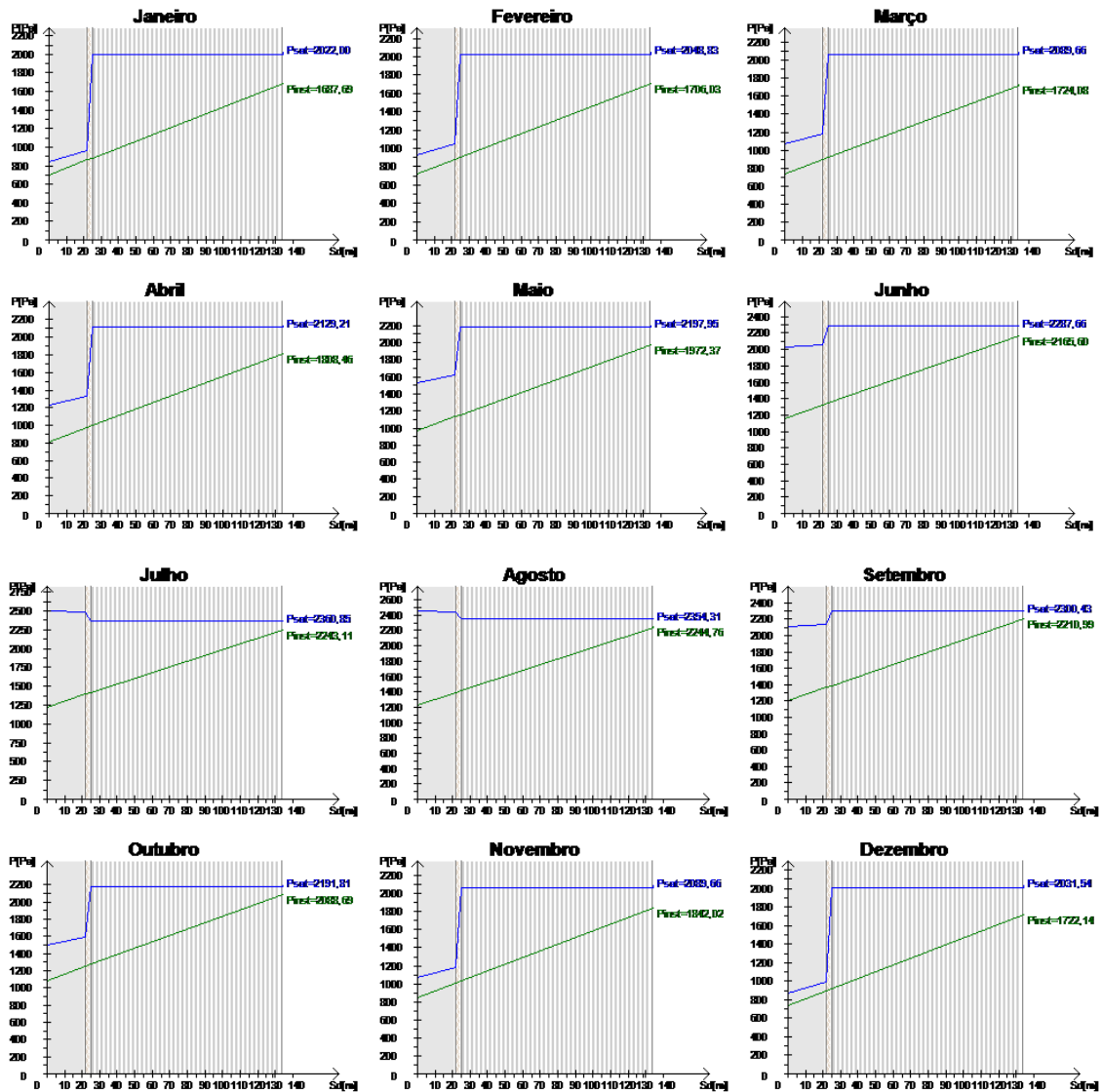
A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





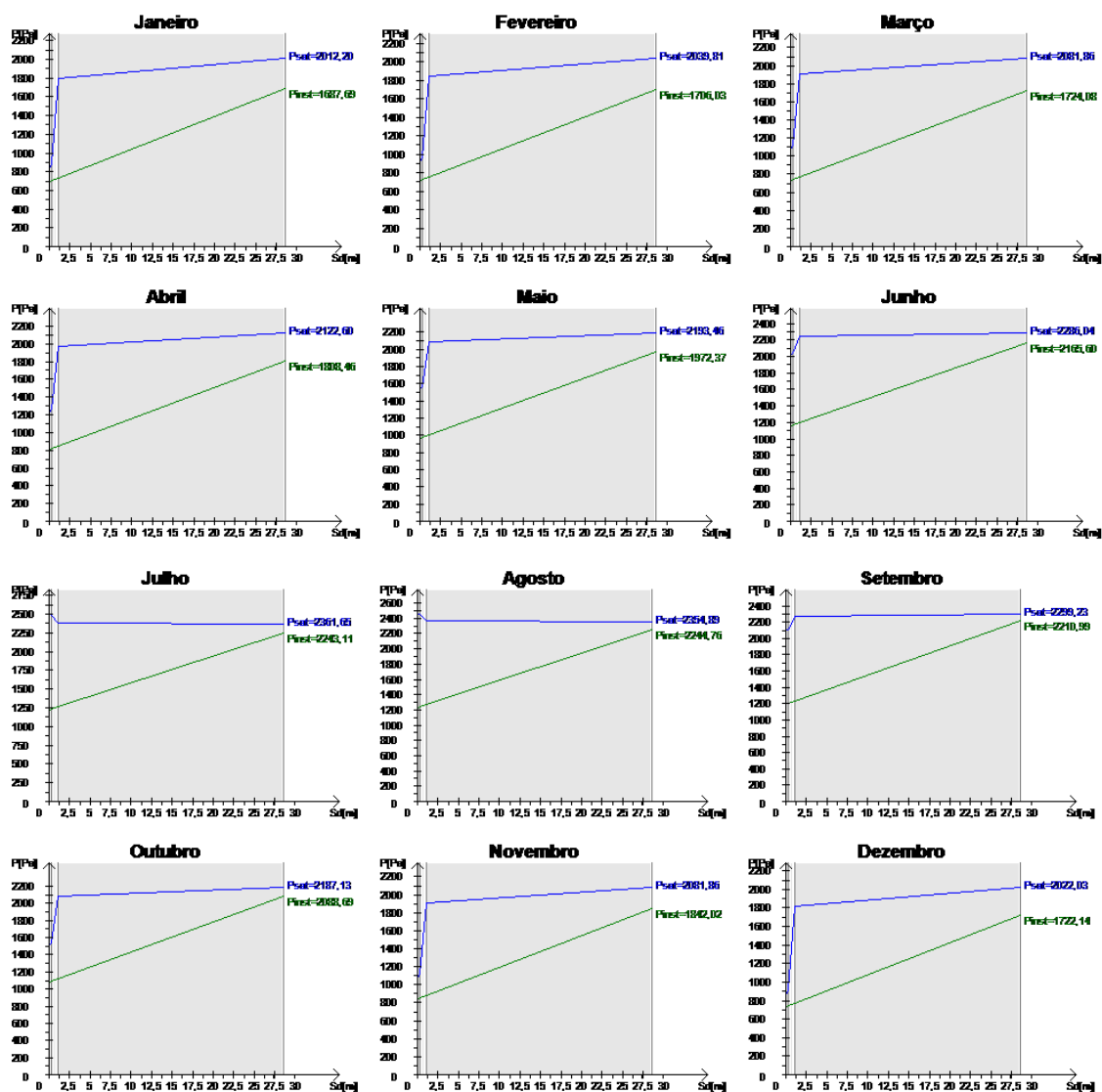
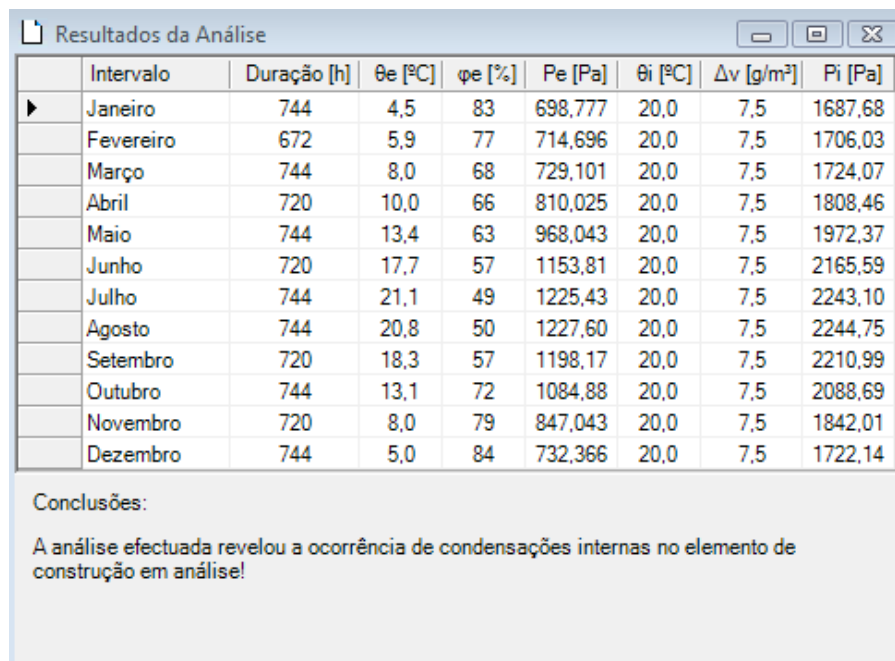
■ Simulação 3.1.1.5





■ Simulação 3.1.2.1

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
►	Revestimento exterior	1,3	15	0,02	
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,03	
	Betão normal	2	110	0,25	
*					



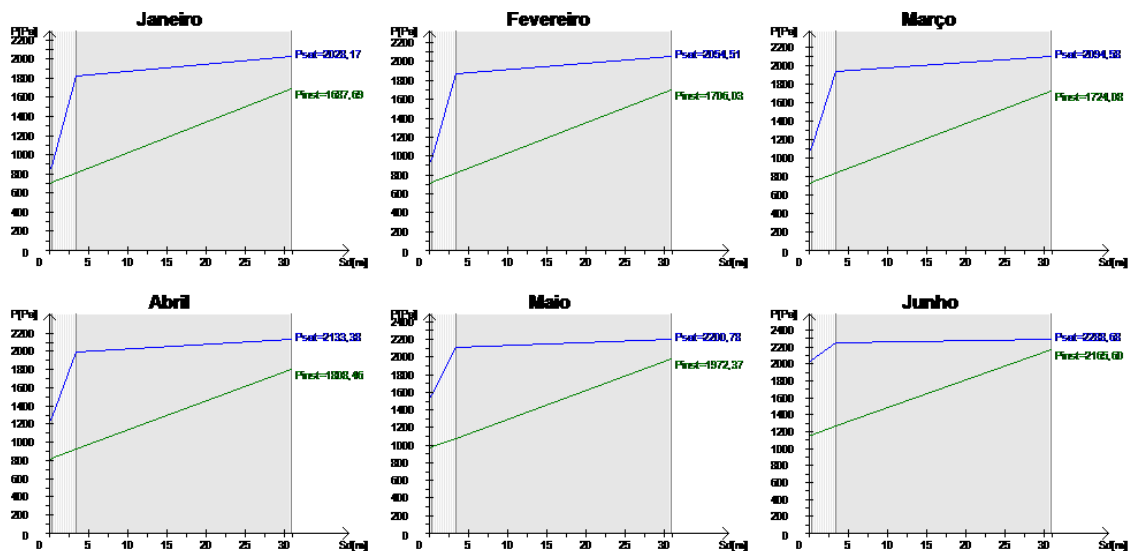
▪ Simulação 3.1.2.2

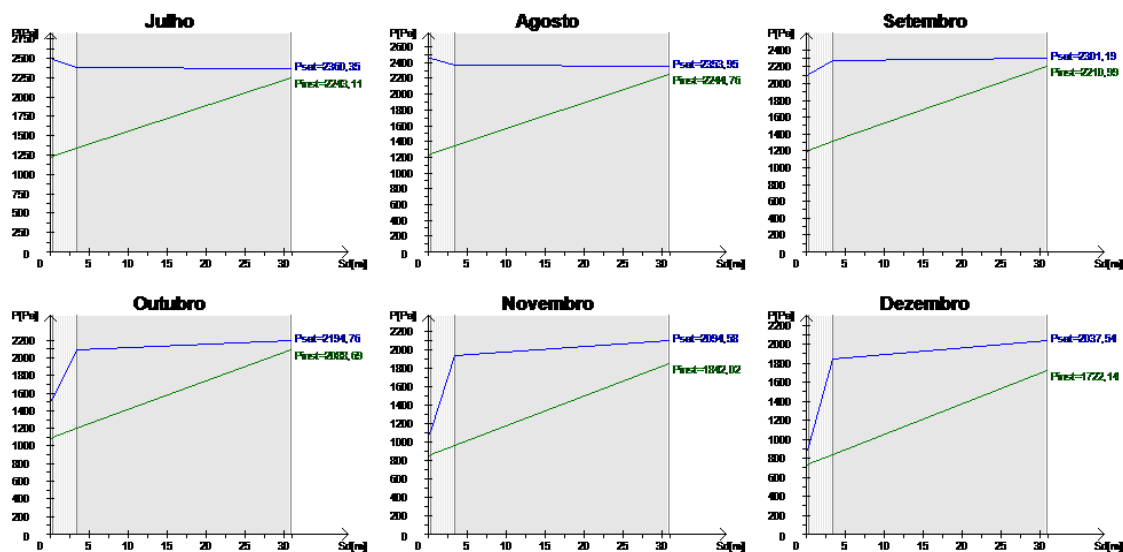
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
	Revestimento exterior	1,3	15	0,02	
	Poliestireno extrudido	0,037	105	0,03	
	Betão normal	2	110	0,25	

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





▪ Simulação 3.1.2.3

Camadas do Elemento Construtivo

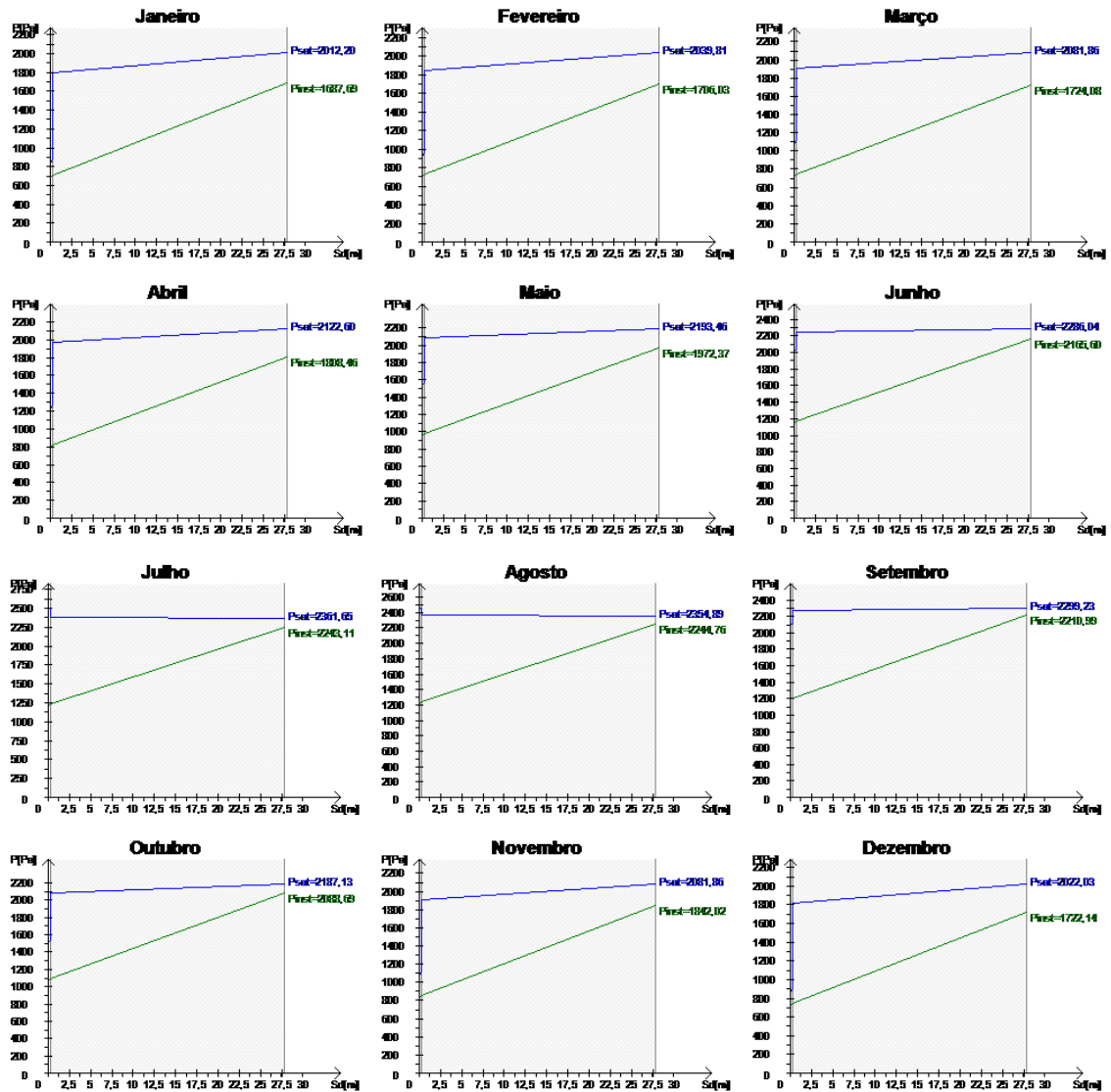
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
	Revestimento exterior	1,3	15	0,02	
	Lã mineral	0,04	0,76	0,03	
►	Betão normal	2	110	0,25	
*					

Resultados da Análise

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maiο	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



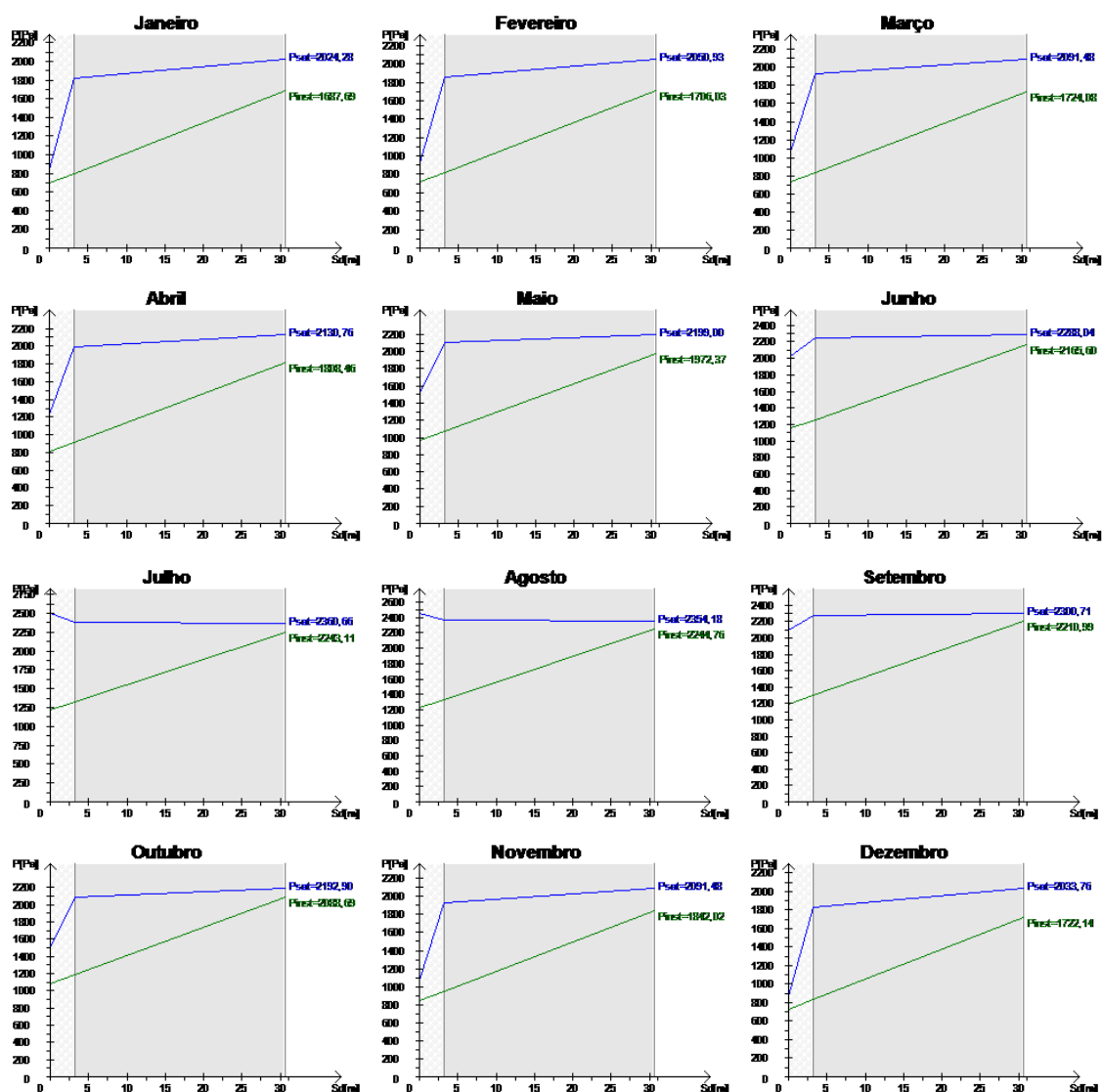
Simulação 3.1.3.1

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Poliestireno extrudido	0,037	105	0,03	
	Betão normal	2	110	0,25	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



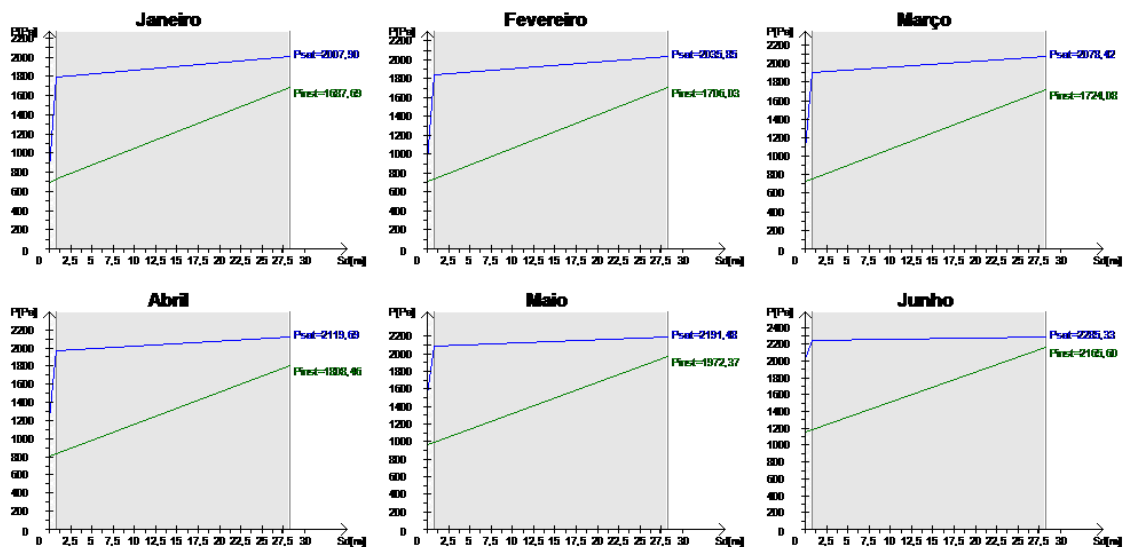
▪ Simulação 3.1.3.2

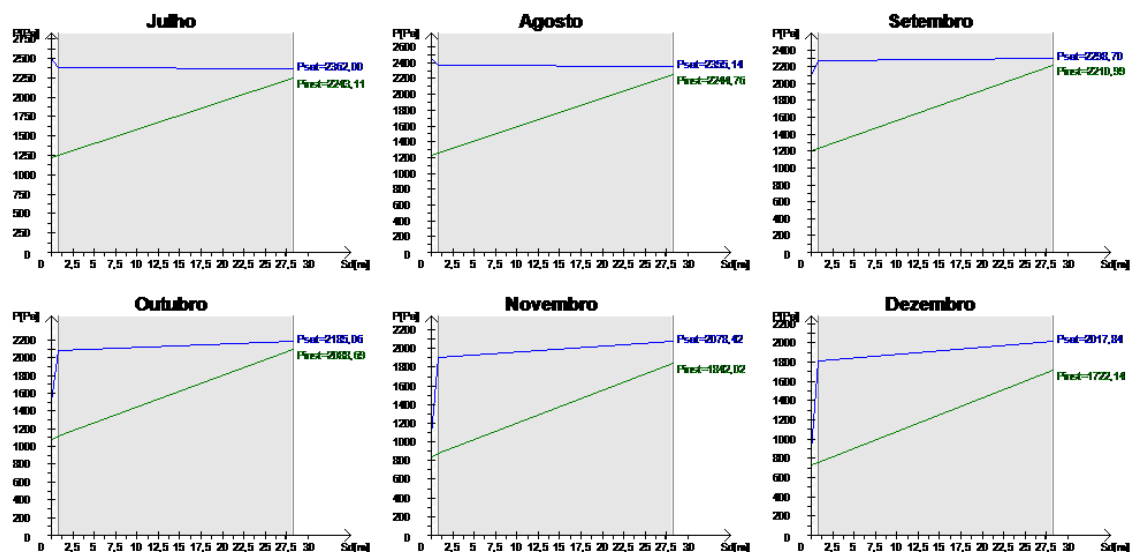
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Poliestireno expandido	0,04	26	0,03	
	Betão normal	2	110	0,25	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maió	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





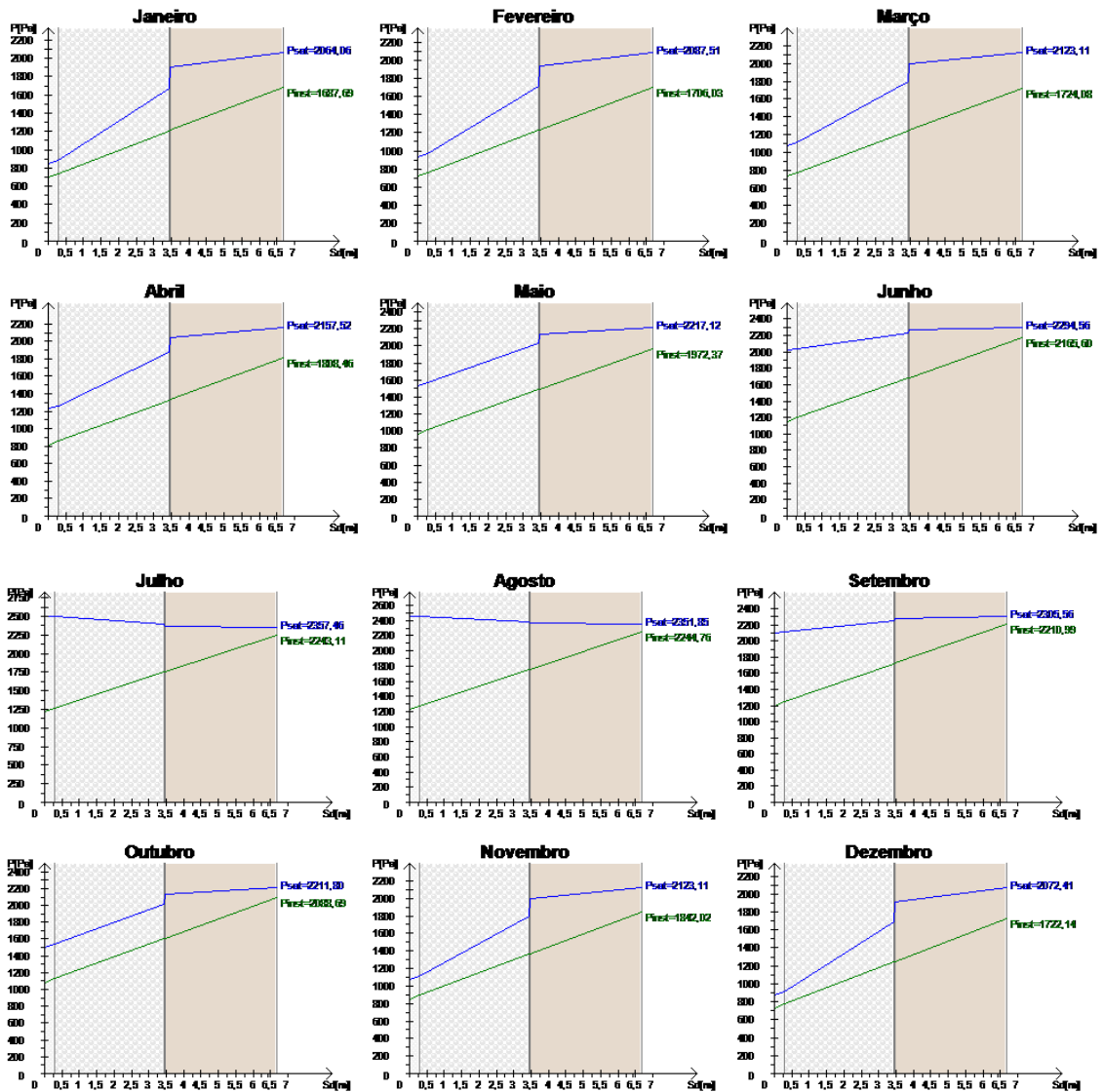
▪ Simulação 3.1.4.1

Camadas do Elemento Construtivo				
Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
Revestimento exterior	1,3	15	0,02	
Poliestireno extrudido	0,037	105	0,03	
Espaço de ar	0,17	1	0,03	
Revestimento interior em madeira	0,18	160	0,02	
*				

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Mai	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



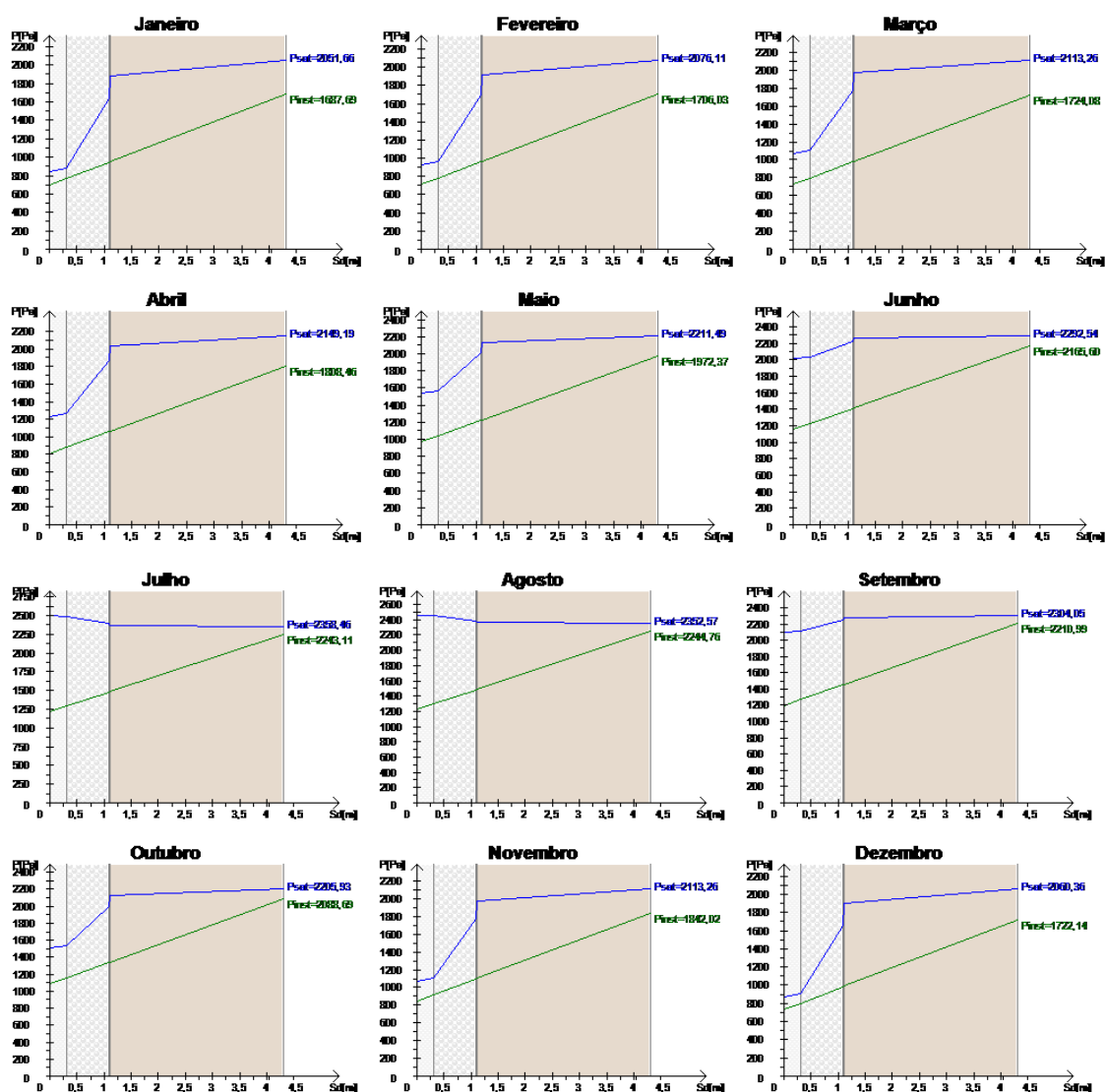
▪ Simulação 3.1.4.2

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
	Revestimento exterior	1,3	15	0,02	
	Poliestireno expandido	0,04	26	0,03	
	Espaço de ar	0,17	1	0,03	
▶	Revestimento interior em madeira	0,18	160	0,02	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



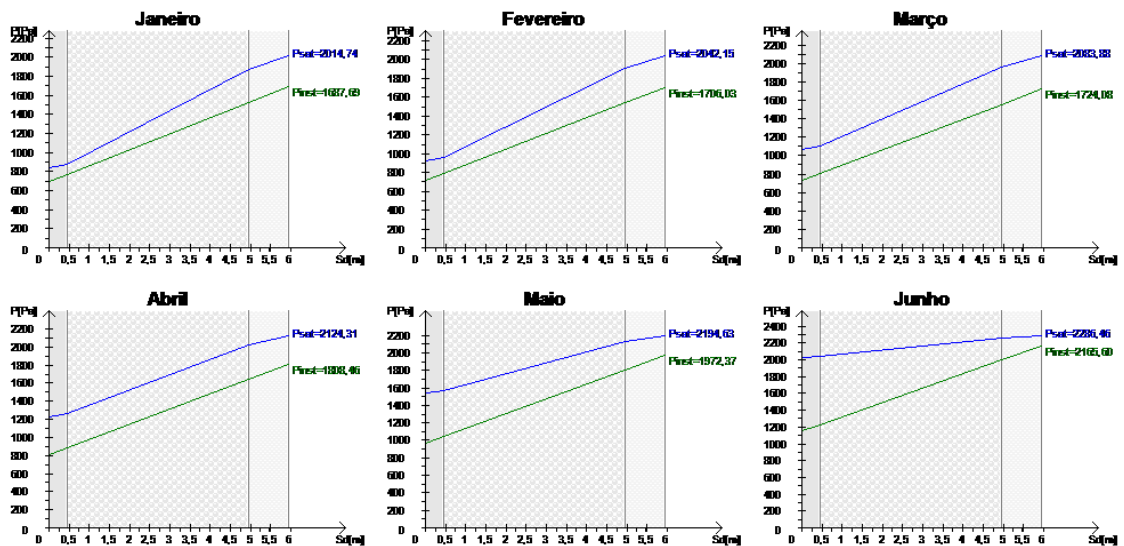
▪ Simulação 3.1.4.3

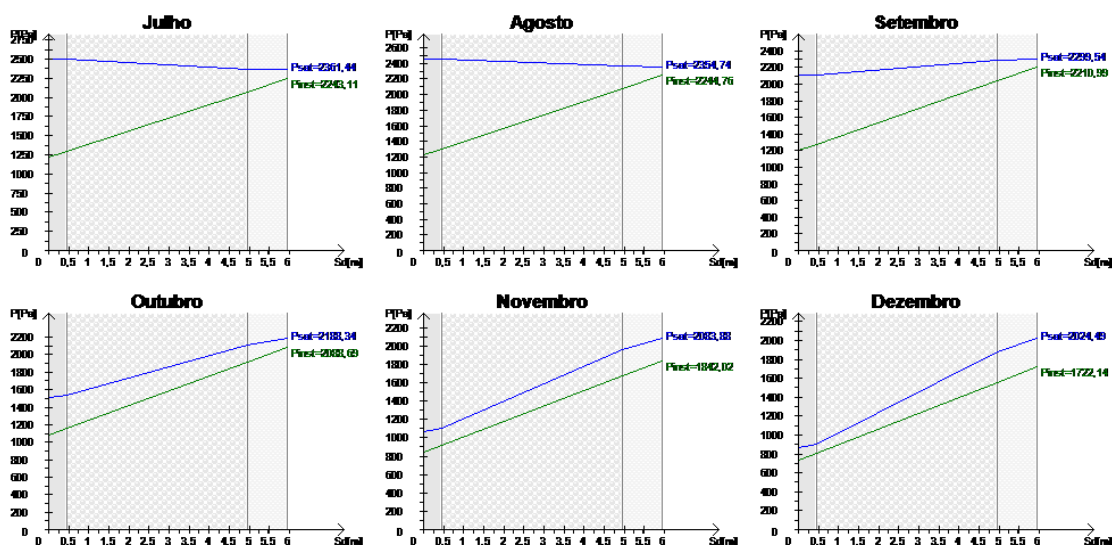
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Pintura	0,2	1190	0,000375	
	Poliestireno extrudido	0,037	150	0,03	
	Revestimento interior em madeira	0,23	50	0,02	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





■ Simulação 3.1.4.4

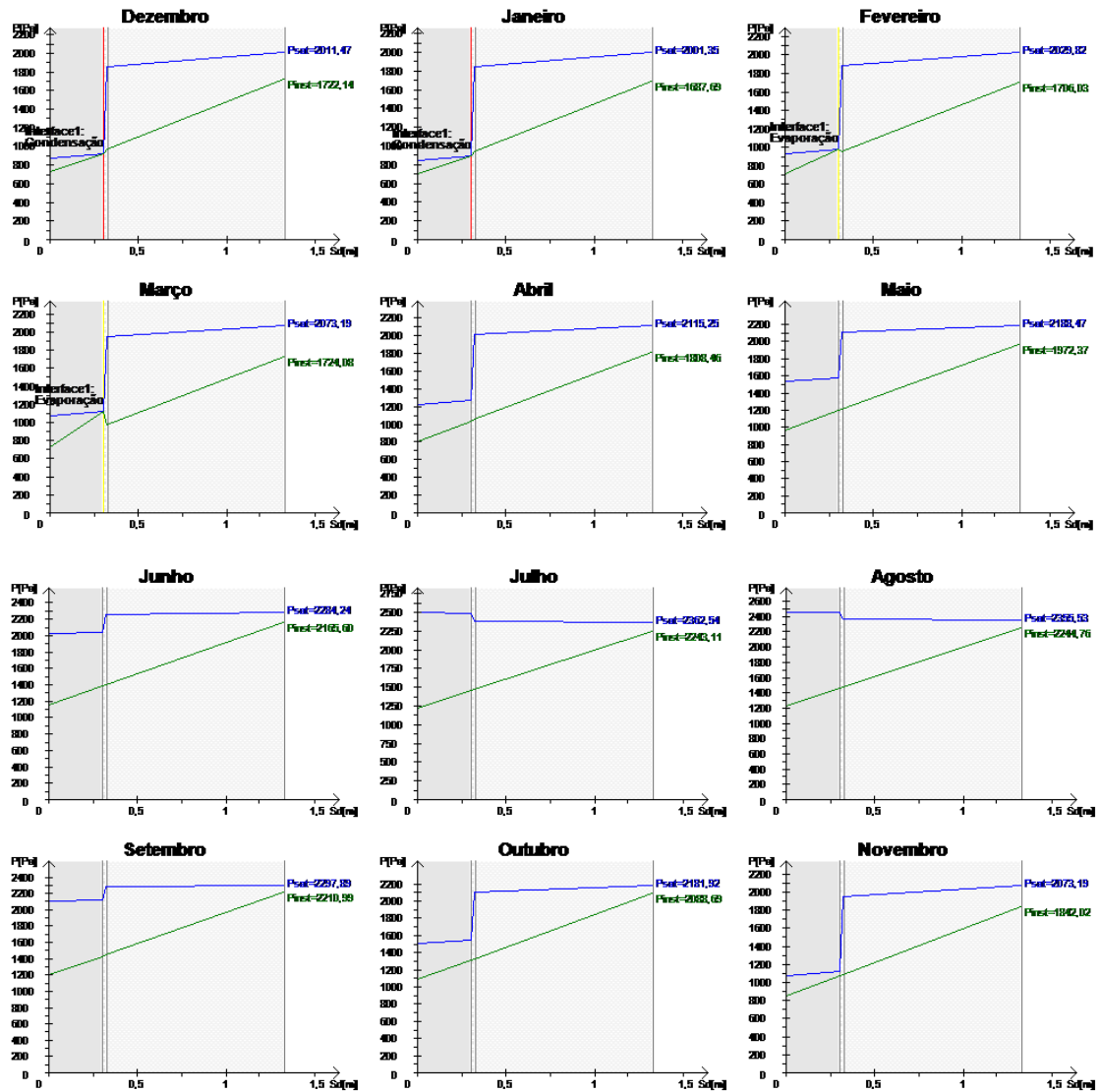
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
	Revestimento exterior	1,3	15	0,02	
	Lã mineral	0,04	0,76	0,03	
▶	Revestimento interior em madeira	0,23	50	0,02	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]	g_{c1} [kg/(m²s)]	$Ma1$ [Kg/m²]
▶	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14	3,12E-08	0,0837
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68	2,78E-08	0,1582
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03	-3,19E-08	0,0810
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07	-1,41E-07	0
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46	0,00E+00	0
	Mai	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37	0,00E+00	0
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59	0,00E+00	0
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10	0,00E+00	0
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75	0,00E+00	0
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99	0,00E+00	0
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69	0,00E+00	0
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01	0,00E+00	0

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas mas prevê-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão:

- Poderão existir riscos de degradação dos materiais de construção;
- A performance térmica do elemento construtivo poderá ser afectada;



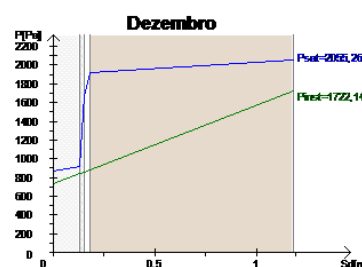
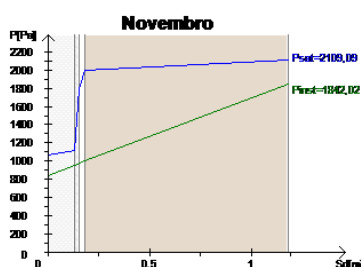
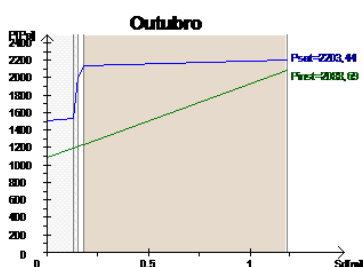
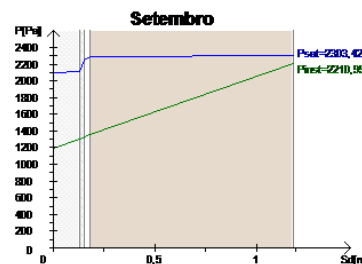
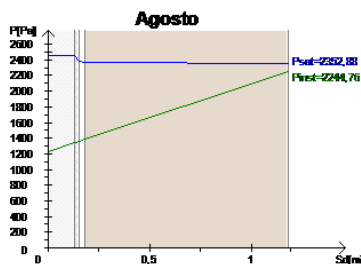
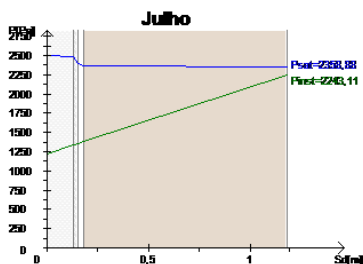
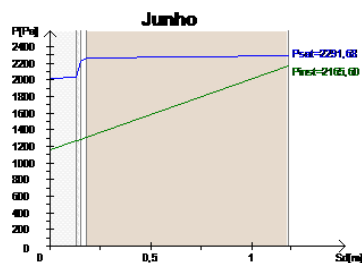
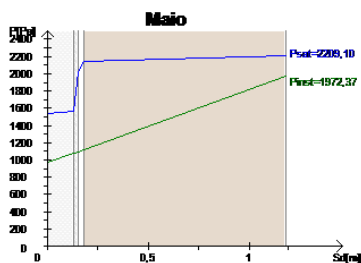
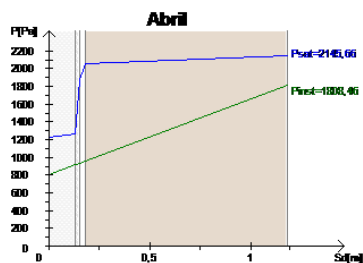
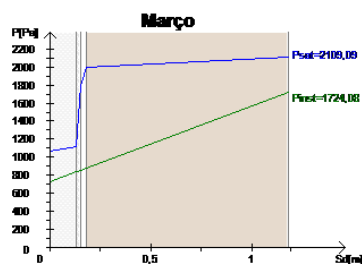
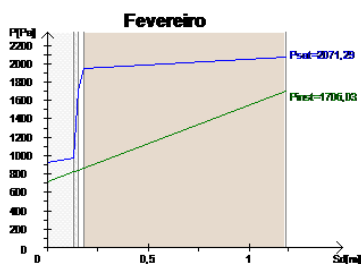
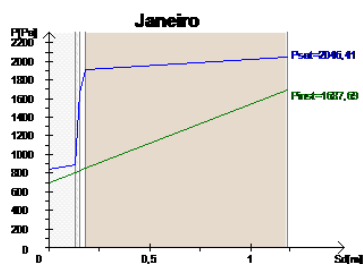
▪ Simulação 3.1.4.5

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Revestimento exterior	1,3	6,4	0,02	
	Lã mineral	0,04	0,76	0,03	
	Espaço de ar	0,17	1	0,03	
	Revestimento interior em madeira	0,23	50	0,02	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m ³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

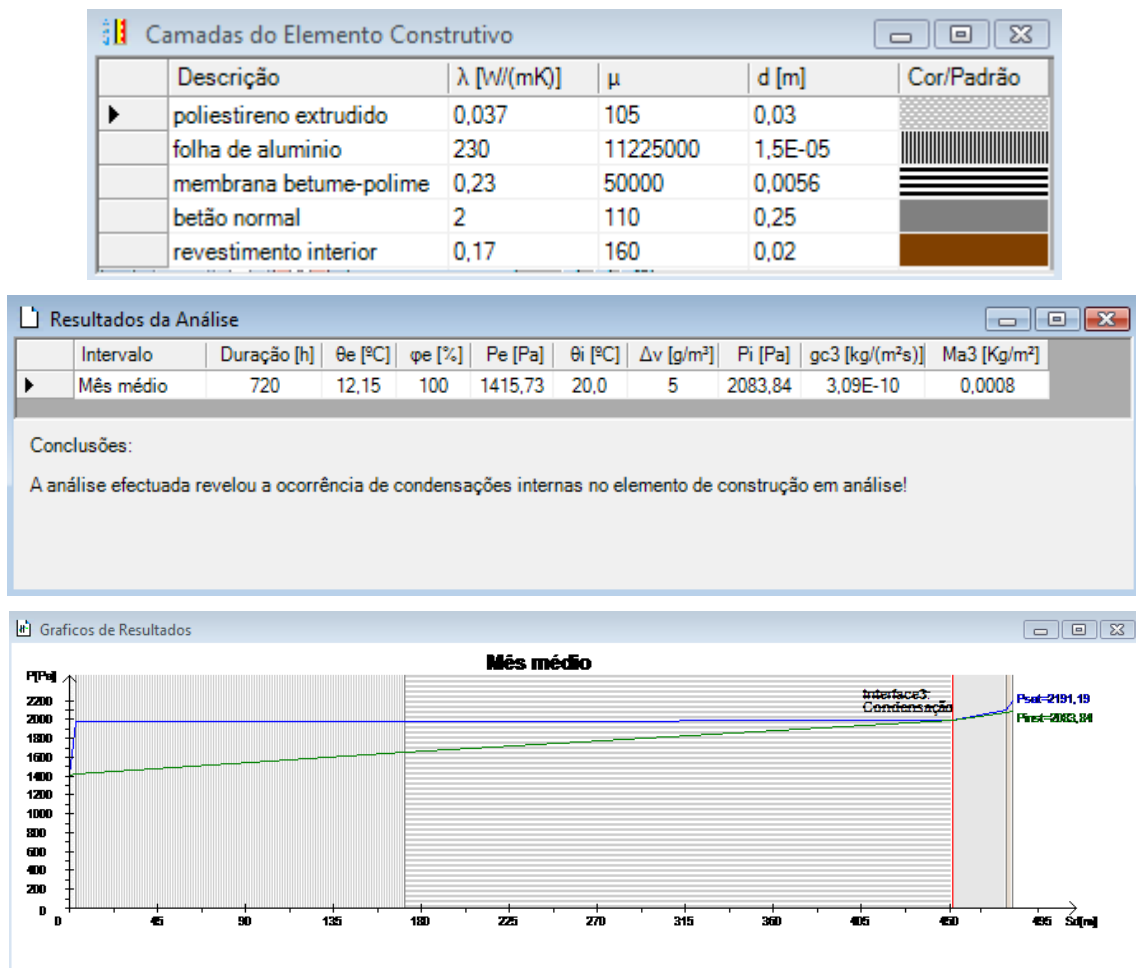
Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!

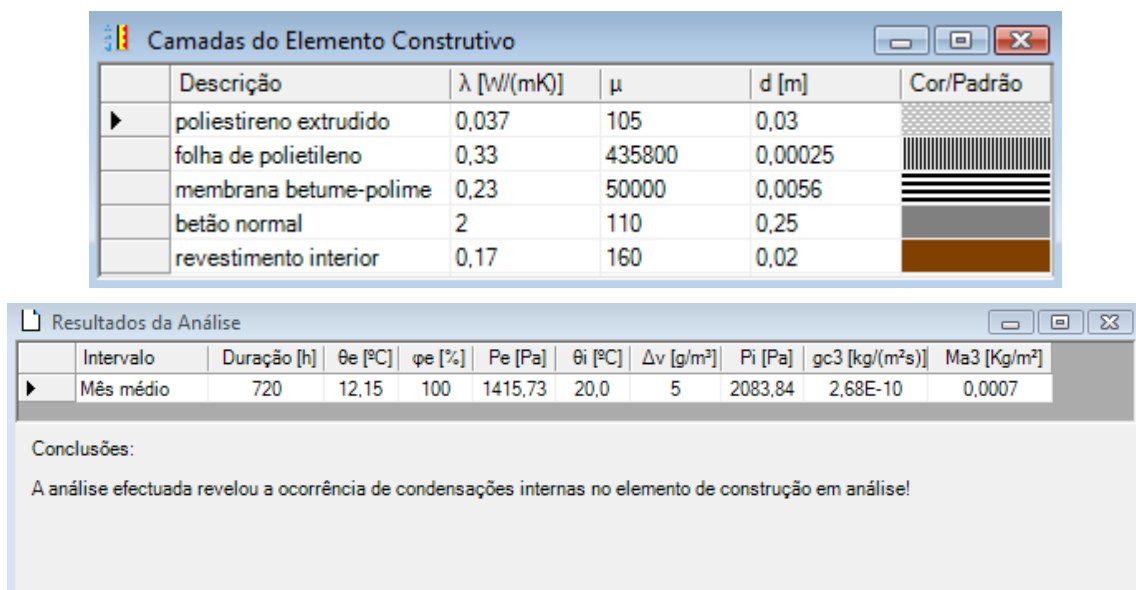


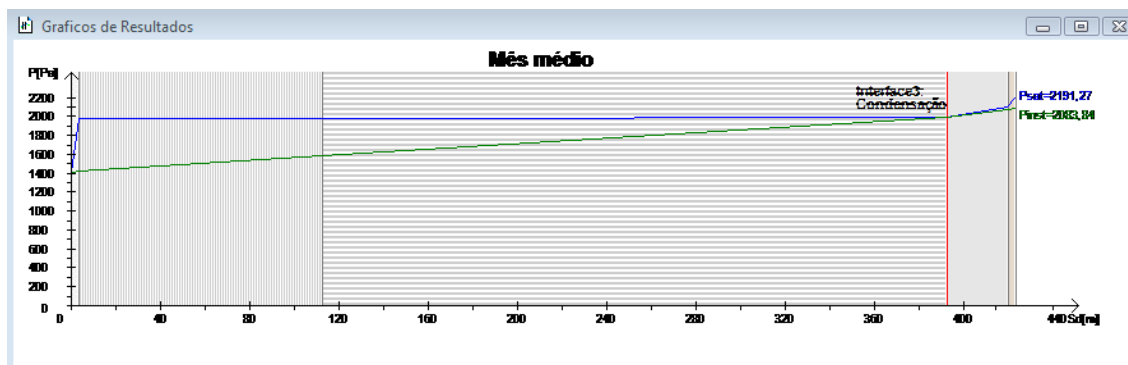
3.2. PAVIMENTOS TÉRREOS

▪ Simulação 3.2.1



▪ Simulação 3.2.2





3.3. PAVIMENTOS SOBRE DESVÃO SANITÁRIO

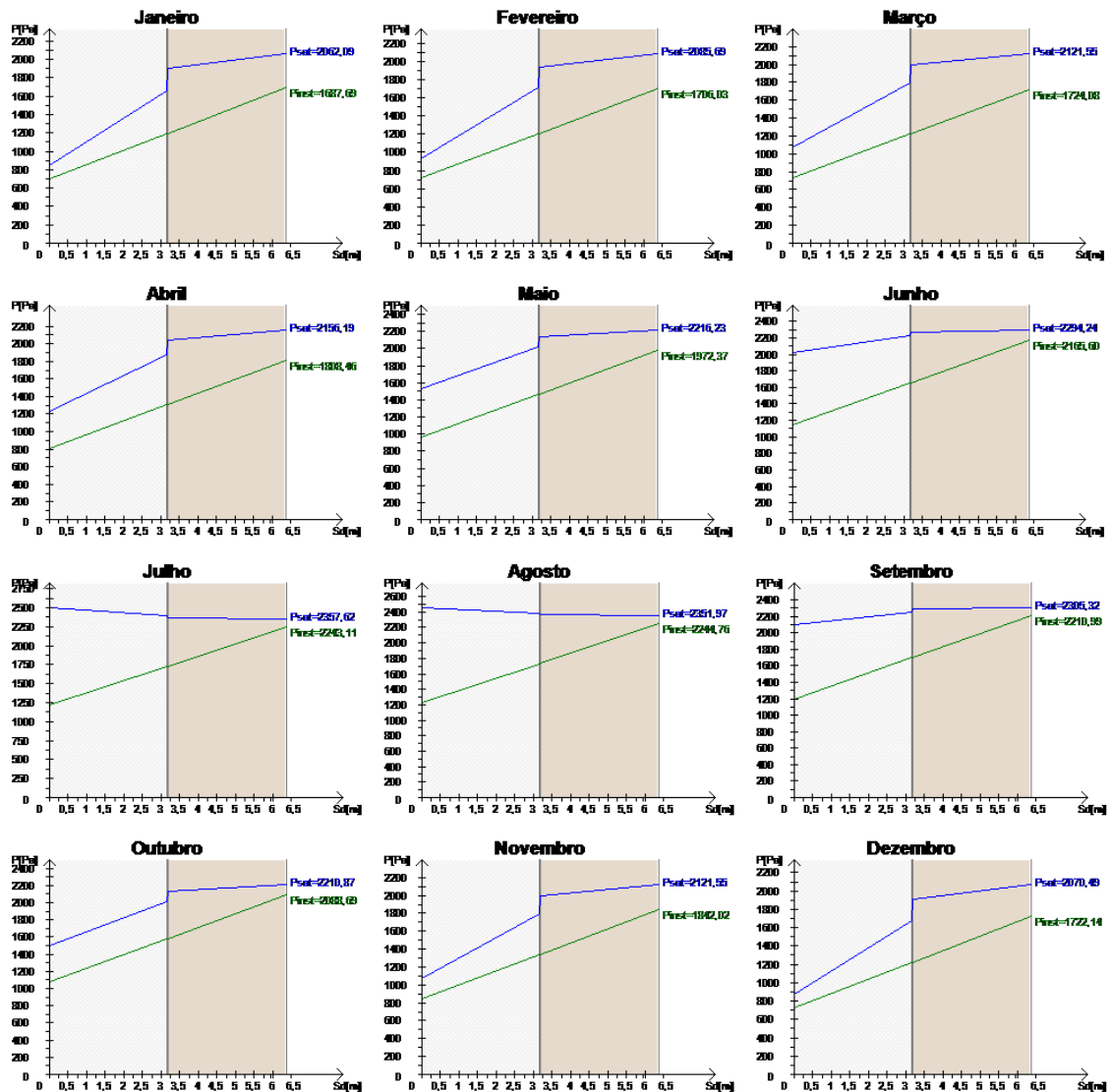
▪ Simulação 3.3.1.1

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Poliestireno extrudido	0,037	105	0,03	
	Espaço de ar	0,11	1	0,02	
	Acabamento interior em madeira	0,18	160	0,02	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

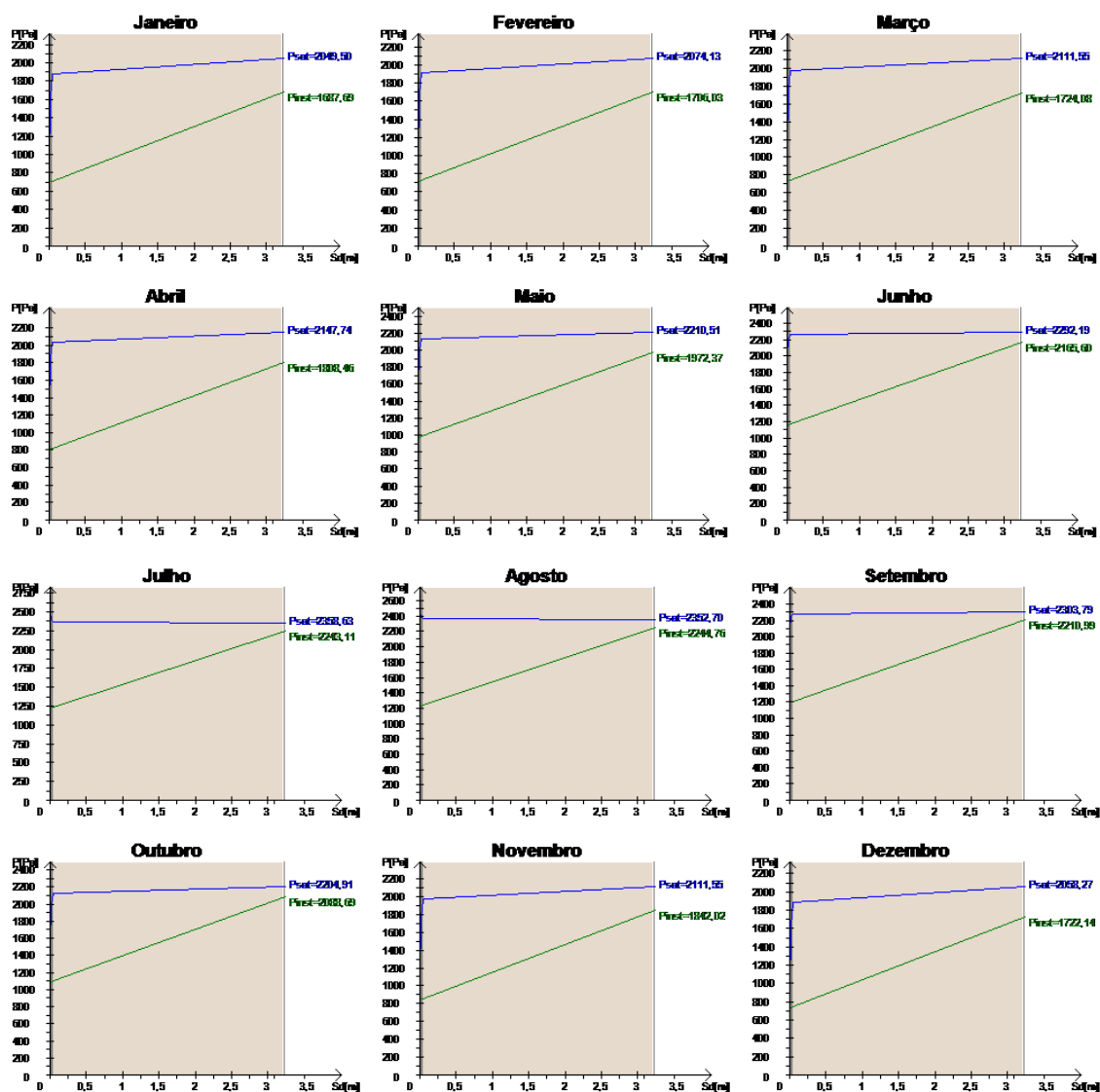
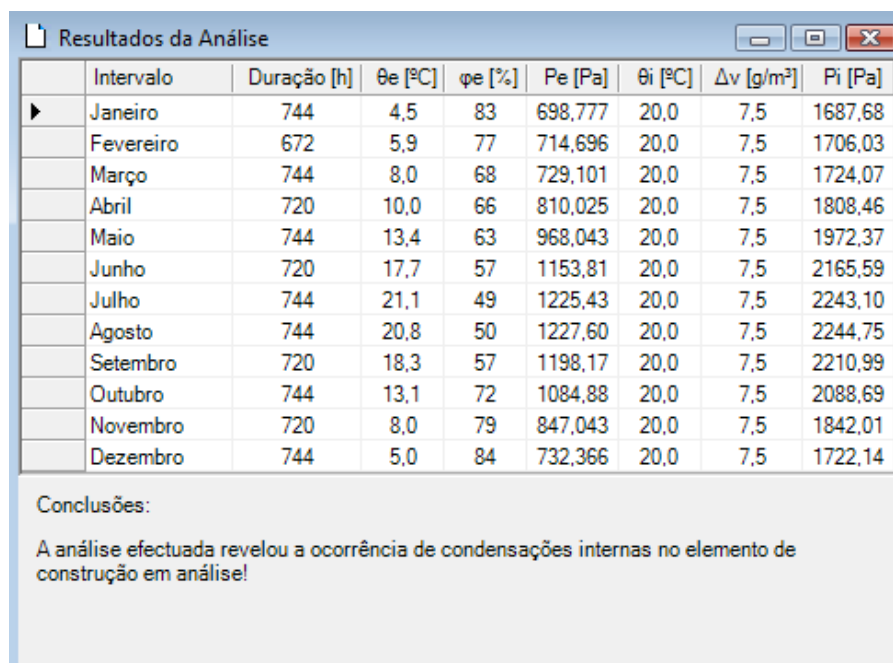
Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



Simulação 3.3.1.2

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
	Lã mineral	0,04	0,76	0,03	
	Espaço de ar	0,11	1	0,02	
►	Acabamento interior em madeira	0,18	160	0,02	
*					



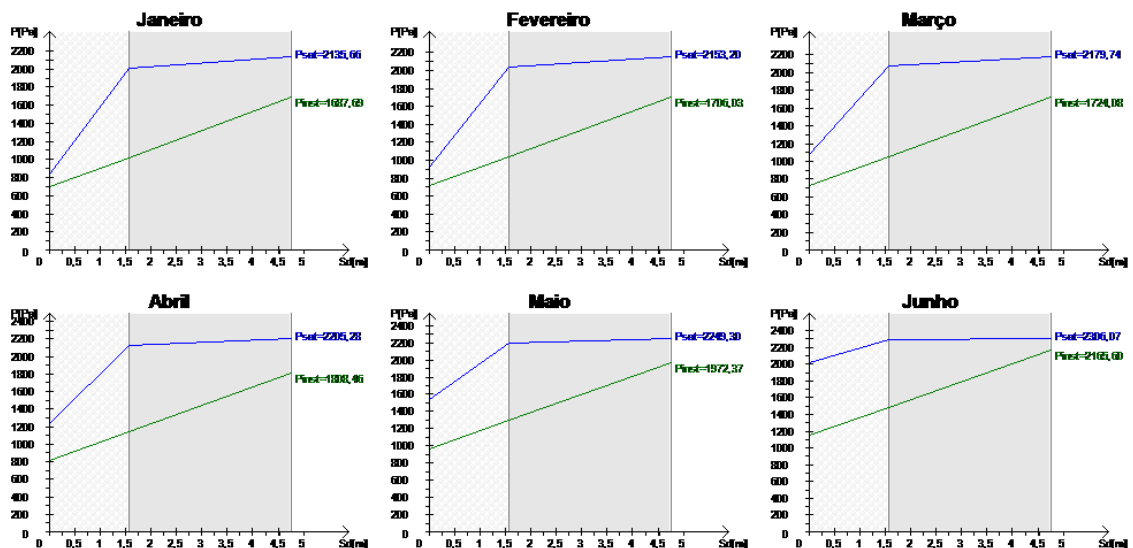
▪ Simulação 3.3.1.3

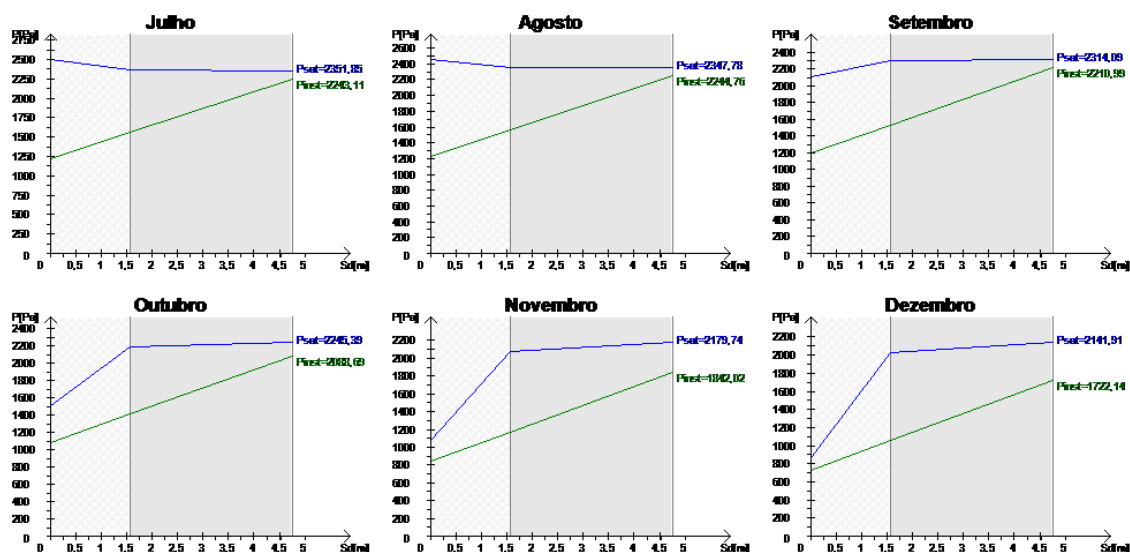
Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Poliestireno extrudido	0,04	26	0,06	
	Acabamento interior em madeira	0,18	160	0,02	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
▶	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maió	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!





■ Simulação 3.3.2.1

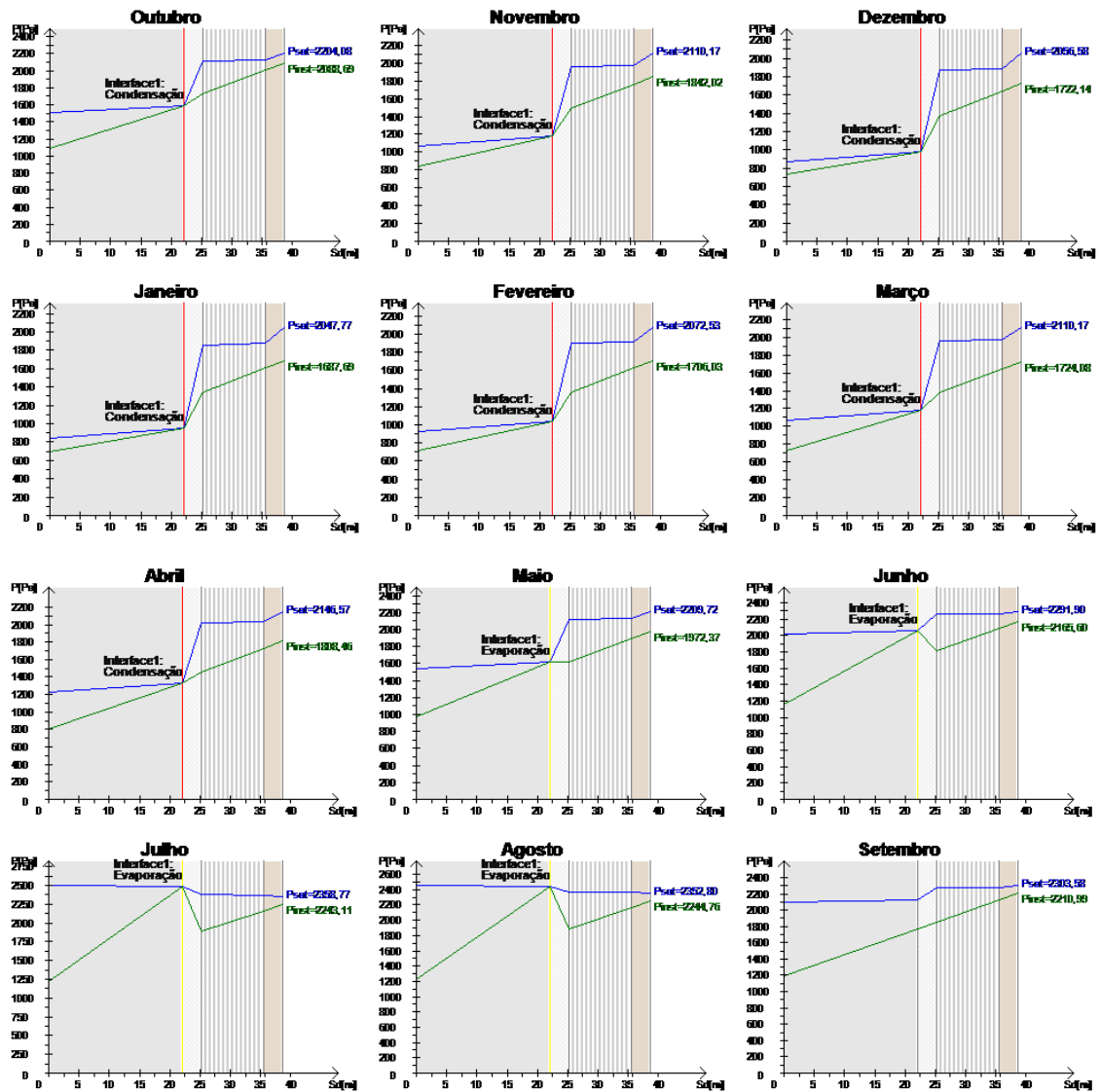
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
▶	Betão normal	2	110	0,2	
	Poliestireno extrudido	0,037	105	0,03	
	Feltro betuminoso	0,23	3430	0,003	
	Revestimento interior	0,18	160	0,02	
*					

	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	φ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m²]	P_i [Pa]	g_{c1} [kg/(m²s)]	$Ma1$ [Kg/m²]
▶	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69	1,51E-09	0,0040
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01	5,04E-09	0,0171
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14	6,67E-09	0,0350
	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68	6,57E-09	0,0526
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03	5,15E-09	0,0651
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07	2,55E-09	0,0719
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46	1,17E-09	0,0749
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37	-1,53E-09	0,0708
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59	-6,92E-09	0,0529
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10	-1,43E-08	0,0146
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75	-1,34E-08	0
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99	0,00E+00	0

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas mas prevê-se que seja possível a sua evaporação por completo durante os meses de verão:

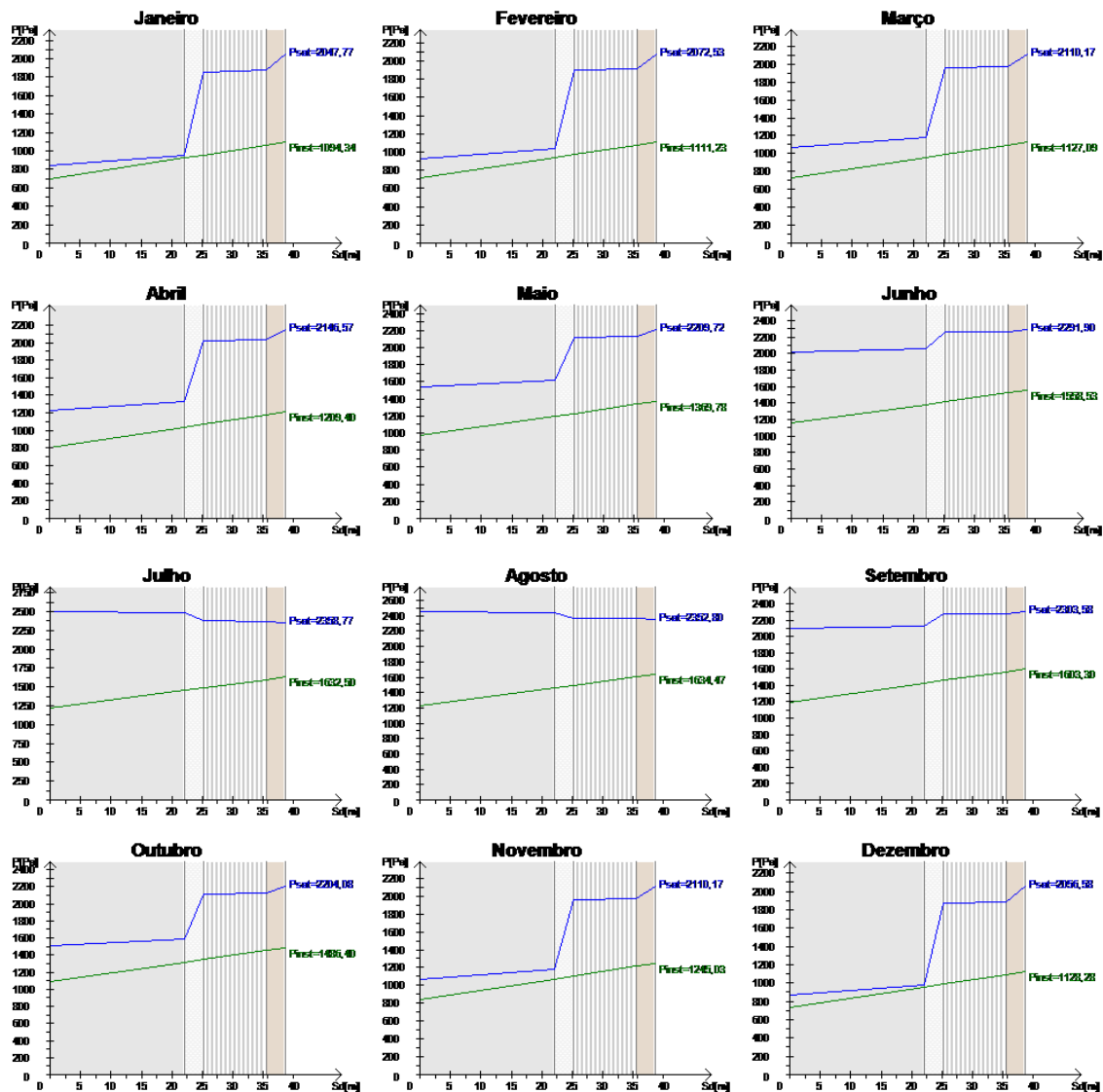
- Poderão existir riscos de degradação dos materiais de construção;
- A performance térmica do elemento construtivo poderá ser afectada;



Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ _e [°C]	φ _e [%]	P _e [Pa]	θ _i [°C]	Δv [g/m ²]	P _i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	3	1094,34
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	3	1111,23
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	3	1127,09
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	3	1209,40
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	3	1369,77
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	3	1558,52
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	3	1632,50
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	3	1634,46
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	3	1603,30
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	3	1486,40
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	3	1245,03
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	3	1128,27

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



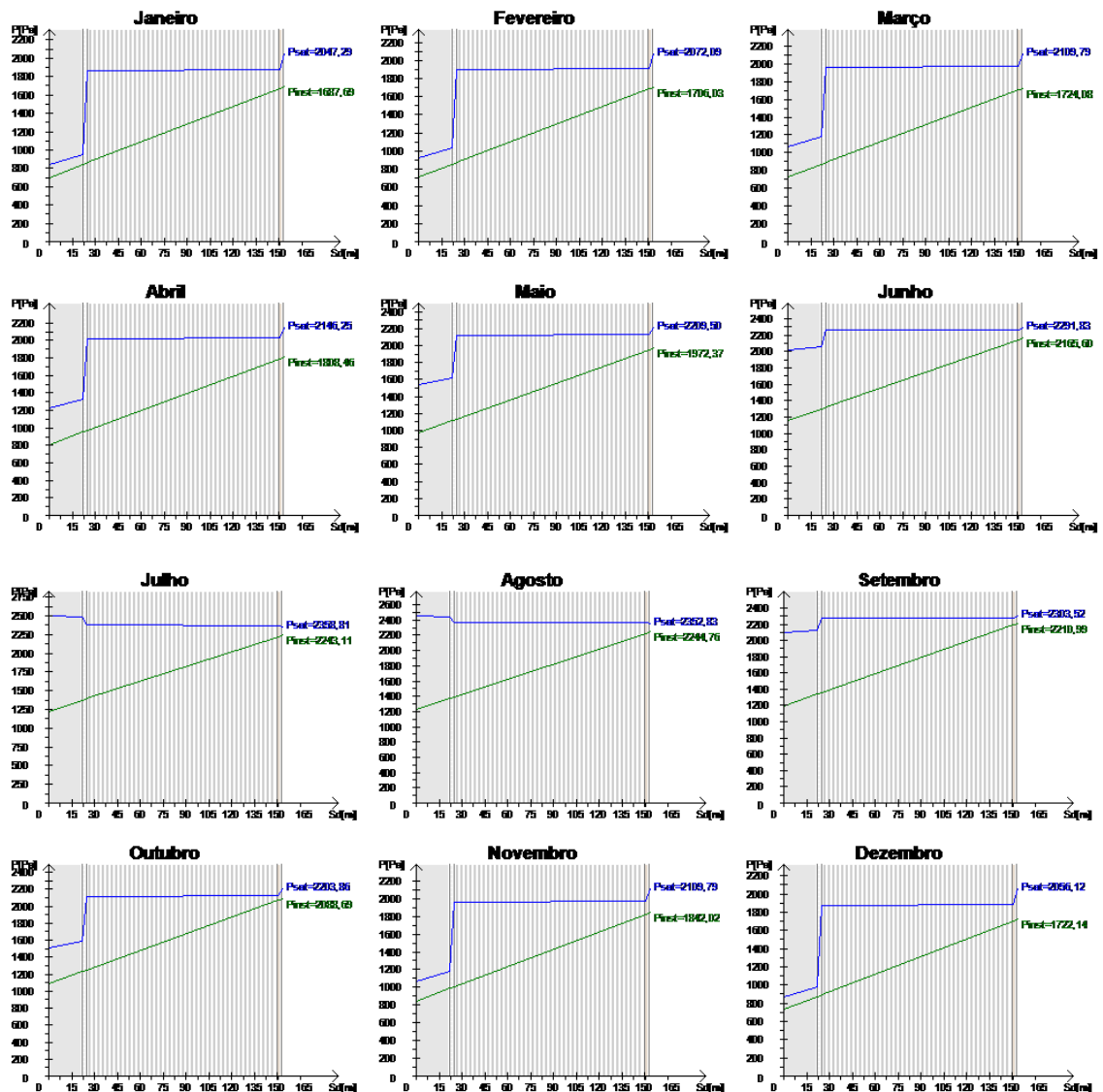
■ Simulação 3.3.2.2

Camadas do Elemento Construtivo					
	Descrição	λ [W/(mK)]	μ	d [m]	Cor/Padrão
	Betão normal	2	110	0,2	
	Poliestireno extrudido	0,037	105	0,03	
	Membranas de betume-polímero	0,23	50000	0,0025	
	Revestimento interior	0,18	160	0,02	
*					

Resultados da Análise								
	Intervalo	Duração [h]	θ_e [°C]	ϕ_e [%]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	Δv [g/m³]	P_i [Pa]
►	Janeiro	744	4,5	83	698,777	20,0	7,5	1687,68
	Fevereiro	672	5,9	77	714,696	20,0	7,5	1706,03
	Março	744	8,0	68	729,101	20,0	7,5	1724,07
	Abril	720	10,0	66	810,025	20,0	7,5	1808,46
	Maio	744	13,4	63	968,043	20,0	7,5	1972,37
	Junho	720	17,7	57	1153,81	20,0	7,5	2165,59
	Julho	744	21,1	49	1225,43	20,0	7,5	2243,10
	Agosto	744	20,8	50	1227,60	20,0	7,5	2244,75
	Setembro	720	18,3	57	1198,17	20,0	7,5	2210,99
	Outubro	744	13,1	72	1084,88	20,0	7,5	2088,69
	Novembro	720	8,0	79	847,043	20,0	7,5	1842,01
	Dezembro	744	5,0	84	732,366	20,0	7,5	1722,14

Conclusões:

A análise efectuada revelou a ocorrência de condensações internas no elemento de construção em análise!



▪ Simulação 3.3.2.3

