



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Felipe Capecci Zanini

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE CÁLCULO
NUMÉRICO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR PARA
RESPONDER À INDÚSTRIA**

Dissertação de Relatório de Estágio em Engenharia Civil, na área de Especialização em Construções, orientada pelo Professor Doutor Nuno Albino Vieira Simões e pela Engenheira Catarina Lopes Serra e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2022

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Civil

Felipe Capecci Zanini

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE CÁLCULO NUMÉRICO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR PARA RESPONDER À INDÚSTRIA

APPLICATION OF NUMERICAL HEAT TRANSFER CALCULATION TOOLS TO RESPOND TO THE INDUSTRY

Dissertação de Relatório de Estágio em Engenharia Civil, na área de Especialização em Construções,
orientada pelo Professor Doutor Nuno Albino Vieira Simões e pela Engenheira Catarina Lopes Serra.

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC
declina qualquer responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões que possa conter.

Setembro de 2022



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

AGRADECIMENTOS

Durante a minha vida académica muitos obstáculos foram superados, mas sem o apoio dos diversos profissionais competentes e das diversas pessoas importantes que me auxiliaram nesta caminhada, nada disso seria possível. Uso este espaço para tentar expressar os meus sinceros agradecimentos.

Agradeço aos meus orientadores, Professor Doutor Nuno Albino Vieira Simões e à Engenheira Catarina Lopes Serra por todo empenho, disponibilidade, celeridade e conhecimentos transmitidos durante a elaboração deste relatório de estágio.

Os meus sinceros agradecimentos ao suporte e a oportunidade do Programa EU LIFE, através do projeto com a referência LIFE17 ENV/ES/000329, “Recycled and natural materials and products to develop Nearly Zero Energy Buildings with low carbon footprint”.

A mais sentida gratidão pela oportunidade de fazer parte da equipa do Itecons utilizando o espaço da empresa para concretização deste trabalho e ainda aos profissionais que não pensaram duas vezes em ajudar-me quando precisei.

Lembrar ainda dos amigos Alexandre Costa, João Gouveia, João Silva e Luís Abreu que fiz para a vida por apoiarem-me nos momentos mais difíceis durante esta jornada e que foram essenciais para o meu sucesso académico.

Agradeço a uma das pessoas mais importantes nesta caminhada tão árdua, a minha namorada Manuella Campos, que esteve ao meu lado em todos os momentos que precisei, apoiou-me em todas as etapas e fez a minha vida mais fácil e feliz durante toda a minha jornada e que certamente estará presente em todos os outros momentos da minha vida. Serei eternamente grato a Coimbra por ter me proporcionado a oportunidade de conhecê-la.

À minha família, dedico este espaço para expressar a imensurável gratidão que sinto. Ao meu pai, Roberto Zanini, pelo apoio incondicional, pelas ligações, pelos conselhos, ensinamentos e por todo o investimento realizado visando o meu crescimento pessoal e profissional. À minha mãe, Luciani Capecci, pelo amor, carinho e suporte mesmo com as dificuldades causadas pela distância. À minha irmã, Thaís Zanini pela parceria, companheirismo e por ser minha inspiração. Ao meu avô, Antônio Carlos Zanini, independentemente de onde esteja, por ensinar-me desde cedo a ser uma pessoa honesta, valente e independente.

Por fim, gostaria também de agradecer a todos os outros amigos, colegas, familiares e professores que de alguma forma me ajudaram a crescer como pessoa e que foram essenciais neste percurso. O meu mais profundo obrigado.

RESUMO

O presente relatório tem como finalidade descrever as atividades executadas no âmbito do estágio curricular do Mestrado em Engenharia Civil realizado no Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade (Itecons) sediado em Coimbra.

O enfoque principal deste trabalho foi estudar situações de transferência de calor em soluções construtivas, dando-se particular atenção a situações de pontes térmicas lineares. Para este efeito, foram utilizados *softwares* de cálculo numérico de transferência de calor seguindo as normas internacionais EN ISO 10211:2017 e EN ISO 10077:2017. Numa primeira fase procedeu-se a verificação do método utilizando casos conhecidos. De seguida foi realizada a identificação de um conjunto de pormenores de soluções construtivas para os quais interessava conhecer o coeficiente de transmissão térmica linear para posterior publicação em catálogo. Este catálogo está disponível para consulta por parte de projetistas e peritos qualificados no âmbito do Sistema Nacional de Certificação Energética.

Visando diversificar o Catálogo de pontes térmicas lineares do Itecons, foram selecionadas diversas ligações e a partir destas escolhas, variaram-se alguns parâmetros com a finalidade de obter os respetivos coeficientes de transmissão térmica. Estes novos valores obtidos foram então organizados e serão futuramente adicionados ao Catálogo do Itecons. Desta maneira, um utilizador ao consultar o catálogo referido acima, terá uma maior variedade de ligações analisadas e desta forma poderá selecionar a solução que mais se assemelha a que procura, obtendo assim um valor de coeficiente de transmissão térmica linear muito próximo do valor real.

Numa segunda fase dos trabalhos realizados, foram quantificadas as pontes térmicas lineares presentes em diversos modelos de portas constituídas por vãos envidraçados e painéis opacos com o auxílio de um *software* adequado para tal tarefa. O objetivo desta atividade passava-se por fornecer aos clientes análises térmicas detalhadas de novas soluções de portas que os mesmos estavam a desenvolver e, mais uma vez, quantificar as pontes térmicas presentes, neste caso, na ligação entre o envidraçado e o painel opaco.

Palavras-chave: Transferência de Calor, Pontes Térmicas Lineares, *Softwares* de Cálculo Numérico, Coeficiente de Transmissão Térmica Linear

ABSTRACT

The purpose of this report is to describe the activities carried out within the scope of the curricular internship of the master's in civil engineering carried out at the Institute for Research and Technological Development in Construction, Energy, Environment and Sustainability (Itecons) based in Coimbra.

The focus of this work was to study heat transfer situations in constructive solutions, giving particular attention to situations of linear thermal bridges. For this purpose, heat transfer numerical calculation software was used following the international standards EN ISO 10211:2017 and EN ISO 10077:2017. In a first phase, the method was verified using known cases. Next, a set of details of constructive solutions was identified for which it was important to know the coefficient of linear thermal transmission for later publication in a catalogue. This catalogue is available for consultation by designers and qualified experts within the scope of the National Energy Certification System.

In order to diversify the Itecons Linear Thermal Bridges Catalogue, several connections were selected and from these choices, some parameters were varied in order to obtain the respective thermal transmission coefficients. These new values obtained were then organized and will be added to the Itecons Catalogue in the future. In this way, a user, when consulting the catalogue mentioned above, will have a greater variety of connections analysed and, in this way, he will be able to select the solution that most resembles what he is looking for, thus obtaining a value of linear thermal transmission coefficient very close to the real value.

In a second phase of the work carried out, the linear thermal bridges present in several models of doors made up of glazed openings and opaque panels were quantified with the aid of a suitable software for this task. The objective of this activity was to provide customers with detailed thermal analysis of new door solutions that they were developing and, once again, quantify the thermal bridges present, in this case, in the connection between the glazing and the opaque panel.

Keywords: Heat Transfer, Linear Thermal Bridges, Numerical Calculation Software, Linear Thermal Transmittance Coefficient

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 Enquadramento geral | 1 |
| 1.2 Motivação e objetivos | 2 |
| 1.3 Organização do relatório de estágio..... | 3 |
| 2. ESTADO DA ARTE..... | 4 |
| 2.1 Definição de pontes térmicas | 4 |
| 2.2 Consequências das pontes térmicas | 5 |
| 2.3 Risco de condensações..... | 6 |
| 2.4 Estudo dos métodos de obtenção do ψ | 8 |
| 2.4.1 Introdução | 8 |
| 2.4.2 Valores por defeito | 8 |
| 2.4.3 Catálogos..... | 10 |
| 2.5 Metodologia para o cálculo das pontes térmicas segundo a norma EN ISO 10211:2017 | 11 |
| 2.5.1 Introdução | 11 |
| 2.5.2 Princípios gerais e modelação geométrica | 11 |
| 2.5.3 Método de cálculo..... | 13 |
| 2.6 Ferramentas de cálculo de transferência de calor 2D | 15 |
| 2.6.1 Introdução | 15 |
| 2.6.2 THERM..... | 15 |
| 2.6.3 UcanPsi | 16 |
| 2.6.4 BISCO..... | 17 |
| 3. VERIFICAÇÃO UCANPSI, THERM E BISCO..... | 18 |
| 3.1 Introdução..... | 18 |
| 3.2 Comparação entre os valores obtidos pelo <i>THERM</i> e <i>UcanPsi</i> | 18 |
| 3.2.1 Ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo interior e pilar na zona do cunhal | 19 |
| 3.2.2 Ligação entre fachada e cobertura com parede simples em alvenaria de tijolo e laje de cobertura isoladas de forma contínua pelo exterior..... | 21 |
| 3.2.3 Ligação entre fachada e pavimento intermédio com isolamento contínuo pelo exterior | 23 |

| | | |
|-------|--|------|
| 3.3 | Comparação entre valores obtidos pelo <i>THERM</i> e <i>BISCO</i> | 25 |
| 3.4 | Verificação do <i>THERM</i> segundo a norma EN ISO 10211:2017..... | 27 |
| 3.4.1 | Caso de referência A1..... | 27 |
| 3.4.2 | Caso de referência A2..... | 28 |
| 3.5 | Verificação do <i>BISCO</i> segundo a norma EN ISO 10211:2017..... | 29 |
| 3.5.1 | Caso de referência A1..... | 30 |
| 3.5.2 | Caso de referência A2..... | 30 |
| 3.6 | Discussão dos resultados..... | 31 |
| 4. | CÁLCULO DE PONTES TÉRMICAS LINEARES EM SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS | 33 |
| 4.1 | Introdução..... | 33 |
| 4.2 | Obtenção do ψ por meio do <i>UcanPsi</i> | 34 |
| 4.3 | Obtenção do ψ por meio do <i>THERM</i> | 36 |
| 4.4 | Inserção dos valores de ψ no Catálogo de Pontes Térmicas Lineares do Itecons..... | 41 |
| 4.5 | Resumo dos cálculos realizados para as diferentes soluções..... | 43 |
| 5. | CÁLCULO DE PONTES TÉRMICAS LINEARES EM PORTAS..... | 48 |
| 5.1 | Introdução..... | 48 |
| 5.2 | Cálculo térmico..... | 49 |
| 5.3 | Resultados da análise térmica dos modelos de portas..... | 51 |
| 5.3.1 | Cálculos para os modelos solicitados pelo cliente..... | 51 |
| 5.3.2 | Cálculos para modelos de porta com vidro melhorado termicamente (com variação da espessura do vidro)..... | 53 |
| 5.3.3 | Cálculos para modelos de porta com vidro melhorado termicamente (com variação da caixa-de-ar)..... | 55 |
| 5.3.4 | Discussão dos resultados..... | 56 |
| 6. | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 58 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 61 |
| | ANEXO A – Cálculo das pontes térmicas lineares..... | A-1 |
| | A.1 Resultados dos valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória..... | A-1 |
| | A.2 Resultados dos valores de ψ para ligação entre fachadas..... | A-14 |
| | A.3 Resultados dos valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio..... | A-21 |
| | A.4 Resultados dos valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento exterior..... | A-32 |
| | ANEXO B – Cálculo das pontes térmicas lineares..... | B-1 |

| | |
|---|-----|
| B.1 Resultados dos valores de $U_{\text{PainelGlobal}}$ para grupos de portas com vidro melhorado termicamente ($U_g=0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$)..... | B-1 |
| B.2 Resultados dos valores de $U_{\text{PainelGlobal}}$ para grupos de portas com vidros onde se variou a caixa-de-ar | B-2 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 – Representação do fluxo de calor numa PT devido à ligação entre duas paredes verticais com transição entre diferentes materiais. | 4 |
| Figura 2.2 – Representação do fluxo de calor devido à existência de PT na ligação entre fachada e pavimento intermédio. | 5 |
| Figura 2.3 - Temperatura superficial interna em zona de PT na ligação entre fachada e pavimento intermédio. | 7 |
| Figura 2.4 - Variação de ψ com isolamento térmico pelo exterior para a ligação entre fachada e pavimento intermédio com isolamento (Abreu, 2021). | 9 |
| Figura 2.5 - Variação de ψ com a espessura do isolamento térmico pelo exterior para ligação entre duas fachadas (Abreu, 2021). | 9 |
| Figura 2.6 – Modelo geométrico para pormenores construtivos quando existe plano de simetria (Adaptado de ITEcons, 2011a). | 12 |
| Figura 2.7 – Modelo geométrico para pormenores construtivos quando não existe plano de simetria (Adaptado de 10211 ISO, 2017). | 12 |
| Figura 2.8 – Representação das linhas isotérmicas em uma zona de PT (Adaptado de Itecons, 2011a). | 13 |
| Figura 2.9 – Representação esquemática das direções da perda de calor na ligação entre duas fachadas (Adaptado de Itecons, 2011a). | 13 |
| Figura 2.10 – Processo para obtenção do fluxo de calor. Geração da malha seguida da distribuição da temperatura para posteriormente obter os fluxos de calor. | 15 |
| Figura 2.11 – Variação do fluxo de calor de acordo com o número de células para um caso genérico (Adaptado de Anderlind, 2018). | 16 |
| Figura 3.1 - Pormenor construtivo da ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo interior e pilar na zona do cunhal. | 19 |
| Figura 3.2 - Pormenor construtivo da ligação entre fachada e cobertura com parede simples em alvenaria de tijolo e laje de cobertura isoladas de forma contínua pelo exterior. | 19 |
| Figura 3.3 – Pormenor construtivo da ligação entre fachada e pavimento intermédio com isolamento contínuo pelo exterior. | 19 |
| Figura 3.4 – Valores de ψ consoante a espessura do isolamento térmico obtidos através do <i>THERM</i> , <i>UcanPsi</i> e Catálogo do Itecons para a ligação entre duas fachadas. | 21 |
| Figura 3.5 - Valores de ψ consoante a espessura do isolamento térmico obtidos através do <i>THERM</i> , <i>UcanPsi</i> e Catálogo do Itecons para a ligação entre fachada e cobertura. | 22 |
| Figura 3.6 - Valores de ψ consoante a espessura do isolamento térmico obtidos através do <i>THERM</i> , <i>UcanPsi</i> e Catálogo do Itecons para a ligação entre a fachada e pavimento intermédio. | 24 |
| Figura 3.7 – Valores de ψ consoante a espessura da laje de pavimento obtidos através do <i>THERM</i> , <i>UcanPsi</i> e Catálogo do Itecons. | 25 |
| Figura 3.8 – Pormenor da ligação entre painel opaco e vidro numa porta sem elemento decorativo elaborado no <i>THERM</i> | 26 |

| | |
|--|----|
| Figura 3.9 - Pormenor da ligação entre painel opaco e vidro numa porta com elemento decorativo elaborado no <i>THERM</i> | 26 |
| Figura 3.10 - Pormenor da ligação entre painel opaco e vidro numa porta com elemento decorativo elaborado no <i>BISCO</i> | 27 |
| Figura 3.11 - Pormenor da ligação entre painel opaco e vidro numa porta sem elemento decorativo elaborado no <i>BISCO</i> | 27 |
| Figura 3.12 – Distribuição de temperaturas. | 28 |
| Figura 3.13 - Distribuição de temperaturas obtido recorrendo ao <i>THERM</i> | 28 |
| Figura 3.14 – Distribuição de temperaturas com os pontos de referência. | 29 |
| Figura 3.15 – Distribuição de temperaturas obtida pelo <i>BISCO</i> (Physibel, 2020). | 30 |
| Figura 3.16 – Temperaturas superficiais dos pontos de referência obtidas pelo <i>BISCO</i> (Physibel, 2020). | 30 |
| Figura 3.17 – Distribuição de temperaturas e temperaturas superficiais nos pontos de referência obtidas pelo <i>BISCO</i> (Physibel, 2020). | 31 |
| Figura 4.1 – Ligação entre fachada e parede divisória. | 33 |
| Figura 4.2 – Dimensões de cada camada e as respetivas condutibilidades térmicas. | 34 |
| Figura 4.3 – Representação esquemática da ligação apresentada pelo <i>UcanPsi</i> após definição da geometria, materiais e respetivos λ | 35 |
| Figura 4.4 – Menu apresentado pelo <i>UcanPsi</i> com a possibilidade de definir o valor de R_{si} e R_{se} | 35 |
| Figura 4.5 - Menu existente no <i>UcanPsi</i> à esquerda e resultados dos cálculos à direita. | 36 |
| Figura 4.6 - Menu principal do <i>THERM</i> com as ferramentas de desenho em destaque. | 37 |
| Figura 4.7 - Definição dos materiais que compõe a ligação. | 38 |
| Figura 4.8 - Definição das condições de fronteira no <i>THERM</i> | 39 |
| Figura 4.9 - Representação do Catálogo online do Itecons após adição de um novo valor de ψ (Adaptado de Itecons, 2011b). | 42 |
| Figura 4.10 – Tabela com o resumo dos pormenores construtivos analisados da ligação de fachada com parede divisória. | 43 |
| Figura 4.11 - Tabela com o resumo dos pormenores construtivos analisados da ligação de fachada com parede divisória (continuação). | 44 |
| Figura 4.12 - Tabela com o resumo dos pormenores construtivos analisados da ligação entre duas fachadas. | 45 |
| Figura 4.13 - Tabela com o resumo dos pormenores construtivos analisados da ligação entre duas fachadas (continuação). | 46 |
| Figura 4.14 - Tabela com o resumo dos pormenores construtivos analisados da ligação de fachada com pavimento. | 47 |
| Figura 5.1 – Pormenor de um modelo de porta sem elemento decorativo (esq.) e com elemento decorativo (dir.). | 48 |
| Figura 5.2 – Configuração do vidro duplo utilizado para um painel de 24 mm e as respetivas espessuras das camadas que a compõe. | 49 |
| Figura 5.3 - Menu principal do <i>BISCO</i> | 50 |
| Figura 5.4 – Representação esquemática do painel de porta (dimensões globais e representação da dimensão variável do vidro). | 51 |

| | |
|---|----|
| Figura 5.5 – Nova configuração do vidro utilizada para um painel de 24 mm. | 53 |
| Figura 5.6 – Resumo do comportamento térmico para diferentes espessuras de painéis de porta com diferentes configurações de vidro. | 56 |
| Figura 5.7 – Resumo do comportamento térmico para diferentes espessuras de painéis de porta com diferentes configurações de vidro. | 57 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 3.1 – Condições de fronteira definidas para o cálculo do ψ | 20 |
| Tabela 3.2 – Valores de ψ consoante a espessura da camada do isolamento térmico. | 20 |
| Tabela 3.3 – Variação percentual entre os valores de ψ | 20 |
| Tabela 3.4 - Condições de fronteira definidas para o cálculo do ψ | 21 |
| Tabela 3.5 – Valores de ψ consoante a espessura da camada do isolamento térmico. | 22 |
| Tabela 3.6 - Variação percentual entre os valores de ψ | 22 |
| Tabela 3.7 - Valores de ψ consoante a espessura da camada do isolamento térmico..... | 23 |
| Tabela 3.8 – Variação percentual entre os valores de ψ | 23 |
| Tabela 3.9 - Valores de ψ consoante a espessura da laje de pavimento. | 24 |
| Tabela 3.10 - Variação percentual entre os valores de ψ | 25 |
| Tabela 3.11 – Temperaturas superficiais para cada ponto da Figura 3.12. | 28 |
| Tabela 3.12 – Temperaturas superficiais obtidas nos pontos de referência. | 29 |
| Tabela 4.1 - Resultados da análise térmica obtidos por meio do <i>THERM</i> | 40 |
| Tabela 4.2 - Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior da ligação representada na Figura 4.1..... | 40 |
| Tabela 4.3 - Resumo dos valores necessários para a obtenção do ψ | 41 |
| Tabela 5.1 – Composição das camadas do vidro. | 49 |
| Tabela 5.2 – Valores do U_P e do $U_{\text{PainelGlobal}}$ para os diferentes grupos de portas. | 52 |
| Tabela 5.3 - Composição das camadas do vidro obtida através da calculadora de desempenho de vidros da Guardian Glass para o painel de 24 mm (Adaptado de Guardianguass, 2022). | 54 |
| Tabela 5.4 – Valores do U_P e do $U_{\text{PainelGlobal}}$ para os diferentes grupos de portas com vidro melhorado termicamente. | 54 |

SIMBOLOGIA

A_p – Área do Pannel (m^2)

A_g – Área do Vidro (m^2)

λ – Coeficiente de Condutibilidade Térmica ($W m^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$)

L_{2D} – Coeficiente de Transferência de Calor a Duas Dimensões ($W m^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$)

U_p – Coeficiente de Transmissão Térmica do Pannel Opaco ($W m^{-2} K^{-1}$)

$U_{\text{PannelGlobal}}$ – Coeficiente de Transmissão Térmica do Pannel Opaco em conjunto com o Vidro ($W m^{-2} K^{-1}$)

U_g – Coeficiente de Transmissão Térmica do Vidro ($W m^{-2} K^{-1}$)

ψ – Coeficiente de Transmissão Térmica Linear ($W m^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$)

ψ_g – Coeficiente de Transmissão Térmica Linear do Vidro ($W m^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$)

U – Coeficiente de Transmissão Térmica Plana ($W m^{-2} K^{-1}$)

ΔT – Diferença de Temperatura ($^\circ C$)

$d_{\text{mín}}$ – Distância Mínima (m)

$f_{R_{si}}$ – Fator de Temperatura Superficial

$f_{R_{si,mín}}$ – Fator de Temperatura Superficial Mínimo

Φ – Fluxo de Calor ($W m^{-1}$)

Q_{Paredes} – Perda de Calor por Paredes (W)

Q_{PTL} – Perda de Calor por Ponte Térmica Linear (W)

Q_{total} – Perda de Calor Total (W)

L_g – Perímetro do Vidro (m)

R_t – Resistência Térmica ($m^2 \text{ } ^\circ C^1 W^{-1}$)

R_{se} – Resistência Térmica Superficial Externa ($m^2 \text{ } ^\circ C^1 W^{-1}$)

R_{si} – Resistência Térmica Superficial Interna ($m^2 \text{ } ^\circ C^1 W^{-1}$)

θ – Temperatura ($^\circ C$)

θ_e – Temperatura Exterior ($^\circ C$)

T_e – Temperatura Exterior ($^\circ C$)

θ_i – Temperatura Interior ($^\circ C$)

T_i – Temperatura Interior ($^\circ C$)

T_{si} – Temperatura Superficial Interior ($^\circ C$)

$T_{si,mín}$ – Temperatura Superficial Interior Mínima ($^\circ C$)

ABREVIATURAS

2D – Bidimensional

CE – Conformidade Europeia

D.L. – Decreto Lei

Itecons – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização)

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LBNL – *Lawrence Berkeley National Laboratory*

LNA – Local Não Aquecido

PT – Ponte Térmica

PTL – Ponte Térmica Linear

SCE – Sistema de Certificação Energética de Edifícios

3D – Tridimensional

1D – Unidimensional

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento geral

Visando evitar a perda excessiva de calor e prevenir o aparecimento de patologias devido à condensação nos edifícios, é necessário considerar as perdas térmicas ainda durante a fase de projeto sendo que ter em conta as pontes térmicas lineares (PTL) é parte essencial desta análise (Prata et al., 2014). Da mesma forma que uma fração está suscetível a perder calor através de janelas, de paredes exteriores, ou de pisos, também está suscetível a perder calor através das pontes térmicas (PT) sendo que em muitos casos esta parcela é significativa e desta forma a sua análise não deve ser menosprezada.

Para considerar as perdas térmicas de uma fração é preciso avaliar a transferência global de calor e é nesta avaliação que se deve ter em conta o impacto das pontes térmicas. Este é comumente avaliado através da determinação de coeficientes de transmissão térmica lineares (ψ).

A norma EN ISO 14683:2017 propõe quatro possíveis abordagens para obter o ψ de cada ponte térmica existente na envolvente do edifício, listadas abaixo em ordem decrescente da precisão esperada:

1. Cálculo numérico seguindo a metodologia da norma EN ISO 10211, 2017 – erro de $\pm 5\%$;
2. Catálogos de pontes térmicas lineares – erro de $\pm 20\%$;
3. Cálculos manuais – erro $\pm 20\%$;
4. Tabelas com valores por defeito – erro de 0 até 50%.

A norma EN ISO 10211:2017 estabelece regras para criação do modelo geométrico e descreve o método de cálculo para obtenção do ψ sendo que os valores obtidos por esta norma são os que apresentam maiores precisões. Pode-se também realizar cálculos manuais ou consultar tabelas com valores por defeito, as quais constituem abordagens rápidas de obter os valores de ψ , porém esta é uma abordagem que possui menor grau de exatidão, podendo apresentar erros que podem atingir os 50%. Por fim, conforme foi citado anteriormente, outra alternativa para obter o valor de ψ é consultar catálogos, como, por exemplo, o Catálogo *Online* de Pontes Térmicas Lineares do Itecons que está disponível em Portugal.

É relacionada com esta segunda abordagem para obtenção do ψ que está baseada a primeira parte do trabalho realizado neste estágio curricular. Nesse sentido, identificaram-se um conjunto de ligações entre elementos construtivos da envolvente, que constituem ponte térmica linear. São exemplos as ligações entre duas fachadas, fachada e cobertura e fachada e pavimento intermédio.

O comportamento térmico de portas e janelas é também essencial para calcular com exatidão as perdas de energia de um edifício. Na caracterização térmica de portas e janelas também tem de se identificar e avaliar situações de pontes térmicas lineares. Por apresentar algumas particularidades, o cálculo do ψ nestes casos, é guiado por outra norma internacional, a EN ISO 10077:2017. É neste contexto que está enquadrada a segunda parte do trabalho realizado durante o estágio curricular. Nesta parte foi utilizado o programa *BISCO* para estudar as ligações entre vidros e painéis opacos de portas e assim executar os cálculos necessários.

1.2 Motivação e objetivos

A presente dissertação diz respeito ao Relatório de Estágio Curricular realizado no Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade (Itecons) de modo a obter o grau de “Mestre” em Engenharia Civil pela Universidade de Coimbra.

O instituto, com sede em Coimbra, é responsável pela realização de inúmeros serviços. Realiza ensaios laboratoriais na área de acústica e vibrações, caixilharias, revestimentos exteriores, controlo de qualidade de obras, energia e ambiente, equipamentos, física e mecânica, geologia e geotecnia, higrotérmica, materiais, produtos de construção, qualidade do ar, química e reação ao fogo. O Itecons também dispõe de uma experiente equipa técnica que presta diversos serviços de consultoria e além de oferecerem formações, também realizam atividades no campo de investigação e desenvolvimento. Todo o trabalho é dirigido à indústria, destacando-se na área da construção o apoio que o instituto dá a fabricantes de produtos de construção na obtenção da marcação CE (conformidade europeia). Inclui-se, nestes trabalhos, o cálculo de coeficientes de transmissão térmica de todo o tipo de soluções construtivas, nomeadamente de janelas e portas, seguindo para o efeito normas internacionais. Esta vertente obriga ao domínio das referidas normas e de metodologias de cálculo específicas. Um dos objetivos do presente trabalho contemplou a aplicação destas abordagens de cálculo em painéis de portas compostas por zonas opacas e envidraçadas.

O apoio dado a projetistas pelo instituto, em particular na área da energia, passa por disponibilizar ferramentas de suporte à aplicação da regulamentação no âmbito do Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE). Uma destas ferramentas é um catálogo *online* de pontes térmicas lineares. Este catálogo apresenta um conjunto de ligações entre soluções construtivas, como é o caso de ligações entre paredes e lajes, quer seja de cobertura, pavimento intermédio ou em contacto com o exterior. Como tem havido uma tendência para o uso de espessuras mais elevadas de isolamento e uma maior diversificação de tecnologias construtivas existentes no mercado, o referido catálogo carece de uma atualização frequente. Este catálogo oferece a projetistas e peritos qualificados o coeficiente de perdas lineares de cada uma das soluções lá listada. Este coeficiente obriga a um cálculo de transferência de calor bidimensional, a ser feito respeitando um conjunto de normas internacionais. As metodologias de cálculo a utilizar devem estar devidamente validadas, podendo para esse efeito utilizarem-se casos *benchmark*.

Com base na motivação apresentada acima os objetivos deste trabalho consistiram em:

- Fazer numa primeira fase um estado da arte em que se debateram métodos de cálculo, apresentaram as ferramentas de cálculo que podem ser utilizadas no cálculo de transferência de calor das situações previstas neste trabalho, assim como se discutiu a respetiva verificação;
- Proceder ao cálculo de um conjunto de situações de pontes térmicas lineares, dando-se particular atenção ao estudo do impacto de variação de espessura de isolamento;
- Realizar o estudo de determinação de coeficientes de transmissão térmica de painéis de portas que integram uma ou mais zonas com vidro e que, por essa razão também apresentam situações de ponte térmica linear.

1.3 Organização do relatório de estágio

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos. No capítulo 1 é descrito o enquadramento do tema e os principais objetivos deste trabalho com a importância do estudo para o mercado e os motivos que levaram o autor a optar por aprofundar este tema.

No capítulo 2, é exposto de forma estruturada o estado da arte, ou seja, a recolha bibliográfica relacionada as pontes térmicas, os possíveis métodos de obtenção do ψ para quantificá-las, a metodologia de cálculo e as ferramentas de cálculo utilizadas.

No capítulo 3, é descrito de forma detalhada a verificação dos programas de cálculo utilizados no presente trabalho.

O capítulo 4 é dedicado à descrição do trabalho realizado relativo ao cálculo das pontes térmicas lineares em diferentes soluções construtivas através do auxílio de diferentes *softwares* e uma posterior análise dos resultados.

O capítulo 5 é dedicado à descrição do trabalho realizado relativo às pontes térmicas lineares presentes em portas através da utilização do programa *BISCO* e uma breve análise dos resultados.

Por fim, o capítulo 6 contém as principais conclusões obtidas ao longo deste trabalho.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 Definição de pontes térmicas

Conforme é definido na norma EN ISO 10211:2017 as pontes térmicas lineares (PTL) são zonas de ligação entre diferentes elementos da envolvente de um edifício que, geralmente, se caracterizam por um aumento no fluxo de calor e, conseqüentemente, uma diminuição das temperaturas superficiais interiores. Estas temperaturas mais baixas potenciam o risco de ocorrência de condensações. O fluxo de calor que atravessa uma PTL, em regime permanente, pode ser determinado através do respetivo coeficiente de transmissão térmica linear, ψ , calculado de acordo com o método preconizado na norma EN ISO 10211:2017 e que apresenta como unidades $W/(m.^{\circ}C)$ (Itecons, 2011b).

A ponte térmica (PT) pode ser devida a uma parte da envolvente do edifício onde a resistência térmica é consideravelmente alterada devido à presença total ou parcial de materiais com diferentes condutibilidades térmicas e/ou devido a uma alteração na espessura dos materiais, e/ou devido a uma diferença entre a área interna e a área externa, como ocorrem nas ligações parede/piso/cobertura.

Em termos físicos, as linhas de fluxo de calor em zona corrente das envolventes têm um fluxo unidimensional e retilíneo, porém nas zonas onde há a existência de PT estas linhas de fluxo de calor passam a ser formadas por fluxos bidimensionais ou tridimensionais deixando de ser retilíneas e passando a ter mais do que uma direção (Afonso, 2012). Quando o fluxo de calor não é unidirecional, a abordagem de cálculo exclusivamente baseada no cálculo da resistência térmica dos elementos deixa de ser válida (Dinis, 2009). Fisicamente este fenómeno de transferência de calor bi ou tridimensional ocorre, pois, o calor tende a seguir o caminho com menor resistência térmica à passagem de calor, designando-se essas zonas por pontes térmicas (Afonso, 2012). Na Figura 2.1 e na Figura 2.2, é evidente a alteração do fluxo de calor na zona da ponte térmica.

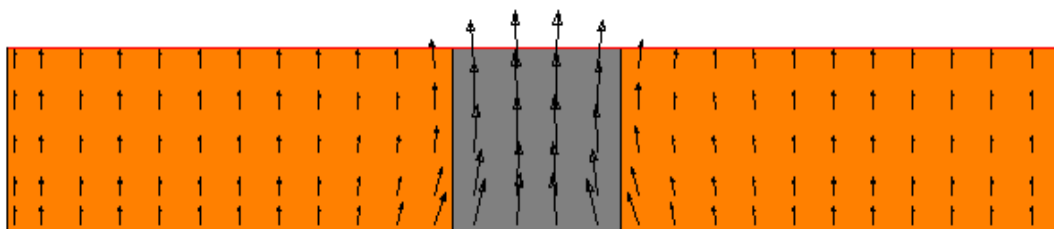


Figura 2.1 – Representação do fluxo de calor numa PT devido à ligação entre duas paredes verticais com transição entre diferentes materiais.

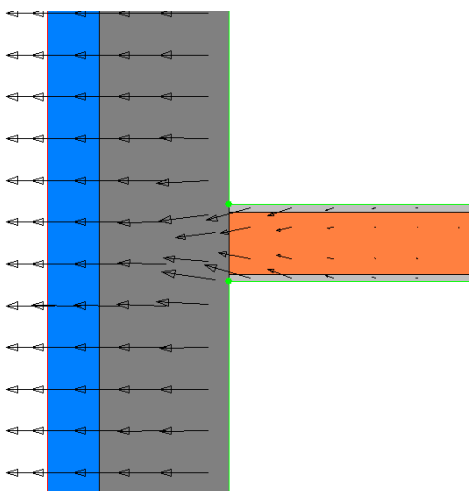


Figura 2.2 – Representação do fluxo de calor devido à existência de PT na ligação entre fachada e pavimento intermédio.

É válido destacar que as PTL podem ocorrer em zonas de ligação, tais como:

1. Fachada e pavimento térreo;
2. Fachada e pavimento sobre local não aquecido (LNA) ou exterior;
3. Fachada e pavimento intermédio;
4. Fachada e cobertura inclinada ou terraço;
5. Fachada e varanda;
6. Duas paredes verticais;
7. Fachada e caixa de estore;
8. Fachada e padieira, ombreira ou peitoril,

em que o isolamento térmico pode estar inserido pelo interior, pelo exterior, repartido ou na caixa-de-ar para as paredes duplas.

2.2 Consequências das pontes térmicas

As pontes térmicas lineares são responsáveis por elevar a perda total de calor de um edifício significativamente e não devem ser negligenciadas. É, por isso, fundamental na fase de projeto a correta caracterização do desempenho térmico das soluções construtivas e uma adequada escolha de materiais. É comum que as perdas de calor devido as PTL sejam de tal forma elevadas que sejam superiores às perdas provocadas por janelas, coberturas e pavimentos (Simões et al., 2014).

A presença de uma PT num determinado edifício aumenta o risco de condensação, que por sua vez, será responsável pelo possível aparecimento de fungos e bolores degradando os revestimentos. Além dos problemas associados à condensação não se pode ignorar o impacto nas necessidades energéticas para aquecer e arrefecer os edifícios, e consequentemente no

contributo negativo para se terem espaços mais confortáveis, em particular durante o inverno devido às menores temperaturas no interior (Alhawari & Mukhopadhyaya, 2018).

É fundamental ter atenção que o simples facto de adicionar mais camadas de isolamento térmico sem considerar o impacto das PT pode levar ao inverso do efeito desejado, ou seja, ao invés de reduzir as perdas de calor, irá acentuar o efeito das PT existentes além de elevar o custo total da construção (Alhawari & Mukhopadhyaya, 2018).

As PT devem ser estudadas na fase de projeto para que seja possível corrigi-las ou mesmo evitá-las. Muitas vezes os projetistas não dão a importância necessária aos impactos que as PT podem ter no comportamento dos edifícios, e consequentemente nos residentes. Este impacto é agravado com a introdução de maiores espessuras de isolamento térmico, algo que acontece devido às exigências regulamentares (Romero et al., 2021).

As PT são frequentemente caracterizadas por uma concentração de perdas de calor, ou seja, o fluxo de calor do interior do edifício para o exterior é mais elevado nestas zonas, que leva a temperaturas superficiais reduzidas. Conforme citado previamente, a existência das PT levará ao aparecimento de patologias e desconforto, que podem ser potenciados quando há uma baixa taxa de renovação do ar no interior e baixos níveis de radiação solar (Itecons, 2011a).

A patologia construtiva mais comum de ocorrer é o desenvolvimento de manchas, fungos e bolores em que a presença de fungos tem a particularidade de provocar a biodegradação dos materiais de construção conduzindo a alteração das suas propriedades funcionais. Existe também a possibilidade de contribuírem para a deterioração da qualidade do ar existente no ambiente interior devido à presença de metabólitos tóxicos (Orlik-Kozdoń, 2020).

Portanto, a variedade de possíveis patologias que podem manifestar-se é abundante quando há existência de zonas de pontes térmicas e, por essa razão, é necessário quantificá-las, nomeadamente através da determinação correta dos valores dos coeficientes de perdas lineares, ψ . Como a condensação é uma das complicações mais comuns, este fenómeno está descrito detalhadamente na subsecção a seguir.

2.3 Risco de condensações

Conforme explicitado na subsecção 2.2, o risco de condensações superficiais e as pontes térmicas estão diretamente relacionados.

Fenómenos de condensação superficiais ocorrem em várias situações. Nalgumas delas, a ocorrência de condensação não constitui um problema (como, por exemplo, a condensação na superfície de um copo de uma bebida gelada durante um dia quente de verão). Noutras o fenómeno é explorado pelo seu efeito positivo (por exemplo, recuperação de calor dos produtos de combustão através de caldeiras de condensação). Por outro lado, também existem problemas causados pela condensação. A maioria destes problemas ocorre em edifícios e associado à

condensação superficial tem-se o crescimento de bolores. Além disso, o desenvolvimento de fungos é uma grande preocupação para a saúde humana. Ademais, a condensação pode afetar vários elementos do edifício como, por exemplo, comprometer o desempenho do isolamento térmico, danificar os materiais de acabamento ou mesmo deteriorar partes estruturais (Nguyen et al., 2019).

De modo a avaliar o risco de condensações superficiais nos elementos construtivos, utiliza-se o Fator de Temperatura Superficial Interna (f_{Rsi}).

O Fator de Temperatura Superficial pode ser definido como um parâmetro adimensional calculado para um ponto qualquer da superfície interior de um elemento construtivo (Valério, 2007), conforme está exemplificado na Figura 2.3, obtido através da expressão (1).

$$f_{Rsi} = \frac{T_{si} - T_e}{T_i - T_e} \quad (1)$$

Em que T_{si} , T_e e T_i são, respetivamente, a temperatura superficial interior, temperatura do ambiente exterior e temperatura do ambiente interior.

O valor mínimo do f_{Rsi} ocorre tipicamente na zona da ponte térmica, pois é onde a temperatura superficial terá o seu menor valor sendo dado pela expressão (2).

$$f_{Rsi,min} = \frac{T_{si,min} - T_e}{T_i - T_e} \quad (2)$$

Em que $T_{si,min}$ é a temperatura superficial interior mínima.

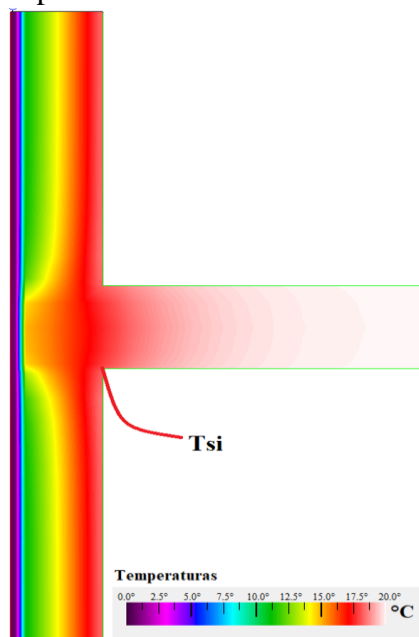


Figura 2.3 - Temperatura superficial interna em zona de PT na ligação entre fachada e pavimento intermédio.

Os valores do $f_{Rsi,mín}$ estão indicados na norma EN ISO 13788:2012 e para assegurar que determinado elemento construtivo corre ou não risco de condensação, faz-se o cálculo do Fator de Temperatura Superficial Interior e compara-se com o $f_{Rsi,mín}$. Quanto menor for o valor do Fator de Temperatura Superficial Interior, maior será o risco de ocorrer condensação e mais graves as patologias associadas (Pechincha, 2011).

2.4 Estudo dos métodos de obtenção do ψ

2.4.1 Introdução

As pontes térmicas representam uma parte substancial das perdas de calor de transmissão em edifícios. Com o aumento da espessura do isolamento, deve-se ter ainda mais atenção com as pontes térmicas para minimizar as perdas de energia através das singularidades da envolvente do edifício (Anderlind & Byggnadsfysik, 2015). Portanto, é importante ter acesso a meios de obtenção do ψ que sejam confiáveis e precisos para que a estimativa das perdas de energia sejam as mais próximas possíveis das reais.

Para edifícios em que são conhecidos todos os pormenores da solução construtiva, obter o ψ por meio do cálculo numérico é o método mais preciso. No entanto, para edifícios já existentes estas informações pormenorizadas nem sempre estão disponíveis e realizar o cálculo numérico pode levar a erros notáveis. Então, nestes casos, o coeficiente de transmissão térmica linear pode ser determinado com recurso a catálogo ou por intermédio de tabelas que contenham valores por defeito. Seja por catálogos ou por tabelas, utiliza-se o ψ da solução que mais se assemelha à solução construtiva existente no edifício (Bergero & Chiari, 2018).

2.4.2 Valores por defeito

Dentre os métodos de obtenção do ψ citados em 1.1, o mais utilizado no ramo da construção civil são os valores por defeito. É uma forma simples e rápida de obter o valor do coeficiente de transmissão térmica linear das soluções construtivas, porém os valores apresentam, regularmente, erros associados elevados quando comparados com o valor real de ψ .

Conforme um estudo realizado em 2021, foram realizadas comparações para algumas soluções entre os valores de ψ obtidos por meio do *UcanPsi* e os valores por defeito obtidos por meio do Despacho n.º 15793-K/2013. Na ligação entre fachada e pavimento intermédio com isolamento térmico pelo exterior, compararam-se os valores de ψ conforme a variação de isolamento até um máximo de 0.150 m de espessura em que se obtiveram os resultados demonstrados na Figura 2.4.



Figura 2.4 - Variação de ψ com isolamento térmico pelo exterior para a ligação entre fachada e pavimento intermédio com isolamento (Abreu, 2021).

Após esta análise, nota-se na que as diferenças entre os valores do ψ obtidos pelo *UcanPsi* e pelo Despacho são consideráveis. Estes casos não são exceções e na maior parte das vezes os valores de ψ obtidos pelo Despacho serão consideravelmente mais altos obrigando, muitas vezes, uma cautela redobrada. Também se depreende que os valores de ψ tendem para um valor constante quando o isolamento térmico atinge uma espessura significativa. Nota-se que, nos casos apresentados, quanto maiores as espessuras de isolamento menores são os valores de ψ e maior a diferença com os valores apontados pelo Despacho (Abreu, 2021).

Outra solução analisada foi a ligação entre duas fachadas com isolamento térmico pelo exterior constituída por diferentes tipos de materiais. Para esta comparação foram utilizados panos de parede com espessuras de 0.15 m para alvenaria de tijolo e de betão e espessura de 0.13 m para a solução em madeira. Portanto, os resultados dos valores de ψ para diferentes espessuras de isolamento térmico obtidos para cada solução de parede citada, encontram-se na Figura 2.5.

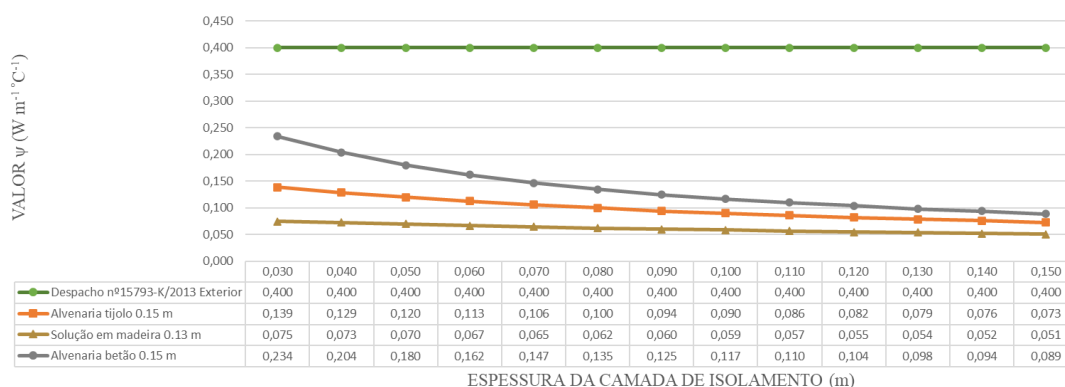


Figura 2.5 - Variação de ψ com a espessura do isolamento térmico pelo exterior para ligação entre duas fachadas (Abreu, 2021).

Devido às diferentes condutibilidades térmicas (λ) de cada material, foram obtidos valores diferentes de ψ no *UcanPsi*. Isto difere do que acontece no Despacho n.º 15793-K/2013, pois o valor por defeito é o mesmo independentemente dos materiais utilizados.

Através da análise da Figura 2.5, é fácil notar que existe uma variação progressiva e quase constante entre os três elementos construtivos no que toca ao valor de ψ sendo válido salientar que, mais uma vez, a diferença para os valores de ψ obtidos pelo Despacho, é considerável. Quando a espessura apresenta um valor significativo (cerca de 0.120 m), é visível que este coeficiente praticamente não se altera assim como na ligação analisada anteriormente, sendo possível concluir que existe um valor de espessura para o qual o ψ estabiliza (Abreu, 2021).

2.4.3 Catálogos

A caracterização das PT requer conhecimentos de transferência de calor e capacidade de aplicar modelos numéricos baseados em métodos como diferenças finitas ou elementos finitos. Embora os cálculos sejam simples de realizar, eles são bastante trabalhosos. É por isso que poucos profissionais optam pelo método numérico para avaliar as PT.

Em muitas ocasiões são utilizados catálogos de elementos construtivos onde alguns tipos e configurações de PT são definidos e pré-calculados. Uma PT semelhante pode ser encontrada nos catálogos e desta forma a ponte térmica é caracterizada sem a necessidade de qualquer tipo de cálculo (Martin et al., 2011).

A opção de utilizar catálogos com diferentes detalhes construtivos é inicialmente a mais atrativa pela sua simplicidade. No entanto, a variedade de PT nos edifícios é grande, portanto, os valores de catálogos normalmente apresentam desvios em relação ao comportamento real (Martin et al., 2012).

Os catálogos de pontes térmicas são muito mais precisos quando os parâmetros utilizados para calcular os valores de ψ correspondem às características reais da construção. Neste caso, a precisão pode ser comparável à de um cálculo numérico, mas obter estas características nem sempre é possível (Capozzoli et al., 2013).

Resumindo, a principal desvantagem é que os catálogos não oferecem tanta flexibilidade de ajustar os valores aos detalhes reais das PT existentes num edifício. Portanto, é muito difícil cobrir toda a gama de soluções construtivas do mercado e é incomum obter valores precisos para a PT a ser avaliada (Martin et al., 2011).

Em contrapartida, o catálogo é uma forma fácil de obter os valores de ψ e, apesar de apresentarem também certo conservadorismo, dependendo do grau de conhecimento das soluções construtivas e das opções disponíveis, o valor de ψ pode ser muito próximo do valor exato. Além disso, os valores obtidos por meio do catálogo podem não necessariamente

representar a solução final da análise das PT visto que podem ser empregues para calcular o efeito das pontes térmicas para um projeto preliminar apenas.

Caso seja possível, deve-se sempre utilizar os cálculos numéricos para obtenção do ψ , mas caso não haja um conhecimento aprofundado das soluções construtivas, aconselha-se a utilização do catálogo.

Dada a importância do catálogo e a intenção do Itecons de apresentar mais multiplicidades de soluções construtivas fazendo variar determinados parâmetros (espessura do isolamento, espessura do pano de alvenaria, entre outros), o estágio curricular enquadrou a preparação de resultados para a atualização do catálogo *online* de pontes térmicas lineares. Esta atividade está descrita pormenorizadamente no capítulo 4.

2.5 Metodologia para o cálculo das pontes térmicas segundo a norma EN ISO 10211:2017

2.5.1 Introdução

A norma internacional EN ISO 10211:2017 demonstra a metodologia a ser utilizada para o cálculo do coeficiente de transmissão térmica linear. Esta mesma norma também estabelece um conjunto de regras para a elaboração de um modelo geométrico tridimensional e bidimensional de uma ponte térmica para o cálculo numérico do fluxo de calor, visando avaliar a perda global de calor de um edifício ou de apenas uma parte deste e das temperaturas mínimas da superfície, de modo a avaliar o risco de condensação da superfície. Este conjunto de regras incluem as fronteiras geométricas e subdivisão do modelo, as condições de fronteiras térmicas, os valores térmicos e as relações a serem utilizadas (10211 ISO, 2017).

A norma EN ISO 10211:2017 baseia-se no pressuposto de que todas as propriedades físicas não dependem da temperatura e que não existe geração de calor no interior dos elementos de construção.

2.5.2 Princípios gerais e modelação geométrica

Para ser possível modelar uma ligação de modo a obter o valor de ψ deve-se primeiramente definir o contorno do pormenor construtivo e a seguir deve-se dividir o modelo com as várias camadas de materiais que o constituem com as respectivas condutibilidades térmicas homogêneas (10211 ISO, 2017). As condições de fronteira precisam então ser corretamente definidas, sendo possível depreender que o método proposto pela norma EN ISO 10211:2017 pressupõe que a solução construtiva seja conhecida assim como a temperatura interior e exterior obtidas através de valores de referência estabelecidos na legislação (Abreu, 2021).

Os princípios propostos na EN ISO 10211:2017 são aplicados através da elaboração de um modelo geométrico ao qual deve seguir um conjunto de regras também disponíveis nessa

mesma norma. As secções definidas pelos planos de corte devem ser necessariamente adiabáticas para não haver influência do comportamento da PT. Outra regra para caracterizar uma PT estabelece que os planos de corte da solução construtiva devem ser fixos a determinada distância do elemento central (zona de ligação entre elementos) para definição da geometria. Sabe-se que uma distância menor desses planos de corte até um certo limite, não altera a precisão do cálculo do valor de ψ , apesar de influenciar a resposta dinâmica (Martin et al., 2012).

Fundamentalmente deve-se garantir que os planos de corte tenham uma determinada distância mínima (d_{\min}) em relação à PT e a norma EN ISO 10211:2017 define que d_{\min} deve ser o maior valor entre 1 m e 3 vezes a espessura do elemento onde esta distância pode ser medida pelo exterior ou pelo interior desde que se mantenha o critério em todas as zonas do edifício (Itecons, 2011a). Conforme é demonstrado na Figura 2.7 caso não exista plano de simetria, a d_{\min} tem de ser cumprida obrigatoriamente, todavia caso haja plano de simetria no modelo geométrico, conforme demonstrado na Figura 2.6, a distância entre a linha de corte do elemento até à PT pode ser menor que d_{\min} , em que a distância será metade do comprimento do elemento que se repete.

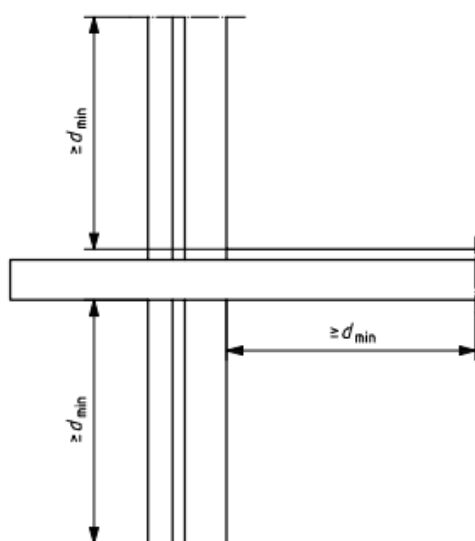


Figura 2.7 – Modelo geométrico para pormenores construtivos quando não existe plano de simetria (Adaptado de 10211 ISO, 2017).

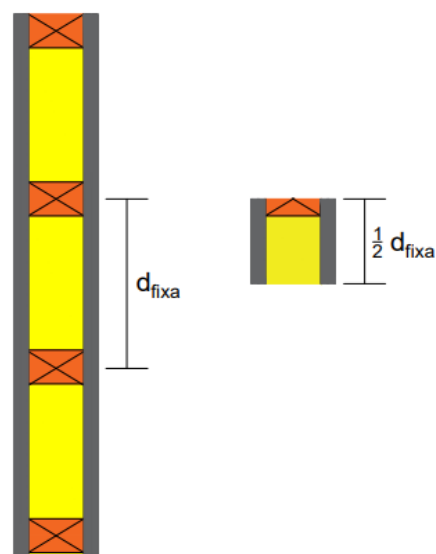


Figura 2.6 – Modelo geométrico para pormenores construtivos quando existe plano de simetria (Adaptado de ITecons, 2011a).

Uma maneira simples de verificar se o fluxo de calor junto aos planos de cortes apresenta influência da ligação é observar as linhas isotérmicas, dado que caso estas linhas estejam paralelas entre si e forem perpendiculares às secções de corte, o modelo geométrico estará a ser elaborado da maneira correta em relação às distâncias mínimas (d_{\min}) necessárias. A Figura 2.8 demonstra uma ligação genérica entre duas fachadas com a presença de um pilar em betão

armado, em que pode ser observado que as linhas isotérmicas apresentam a configuração adequada conforme citada acima.

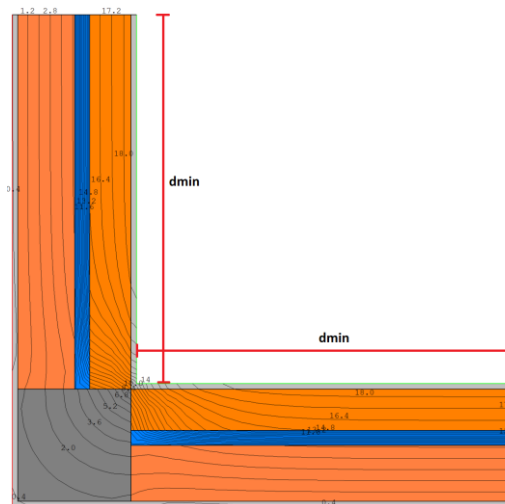


Figura 2.8 – Representação das linhas isotérmicas em uma zona de PT (Adaptado de Itecons, 2011a).

Os princípios definidos na norma EN ISO 10211:2017 foram criteriosamente seguidos durante a realização das atividades relativas ao estágio curricular, garantindo-se que os modelos implementados nos programas *THERM* e *UcanPsi* eram corretos.

2.5.3 Método de cálculo

De forma didática, foi realizada a determinação da equação do ψ para uma ligação entre duas paredes verticais, conforme exemplificado na Figura 2.9.

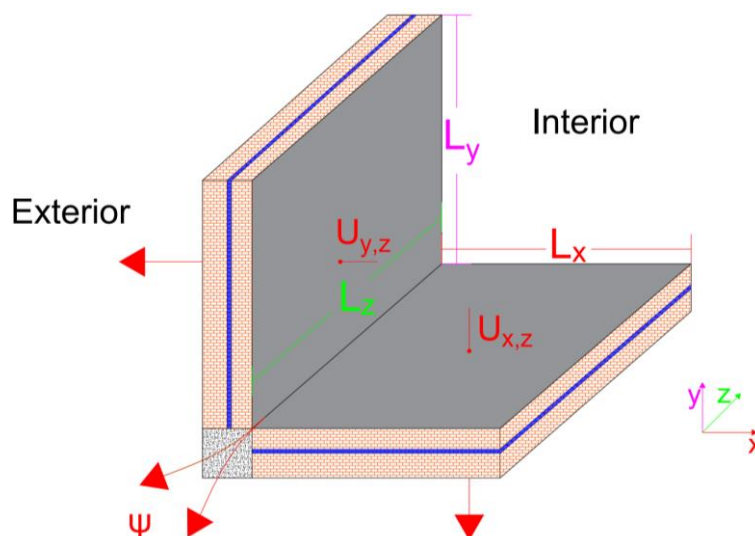


Figura 2.9 – Representação esquemática das direções da perda de calor na ligação entre duas fachadas (Adaptado de Itecons, 2011a).

Sabe-se que o calor total perdido para o exterior será a soma do calor que atravessa a PTL mais o calor que atravessa os elementos opacos:

$$Q_{total} = Q_{PTL} + Q_{paredes} \quad (3)$$

Sabendo que o calor perdido através da parede é igual ao coeficiente de transmissão térmica plana multiplicado pela área da parede e também pela diferença de temperatura, teremos:

$$Q_{parede} = (U_{x,z} * l_x * l_z * \Delta T) + (U_{y,z} * l_y * l_z * \Delta T) \quad (4)$$

Já o calor perdido pela PTL é igual à multiplicação do ψ pelo comprimento desta PT e a respectiva diferença de temperatura ao qual está sujeita, logo:

$$Q_{PTL} = \psi_z * l_z * \Delta T \quad (5)$$

Então:

$$(\psi_z * l_z * \Delta T) = Q_{total} - [(U_{x,z} * l_x * l_z * \Delta T) + (U_{y,z} * l_y * l_z * \Delta T)] \quad (6)$$

Reescrevendo a equação, segue-se que:

$$\psi = \frac{Q_{total}}{l_z * \Delta T} - (U_{x,z} * l_x + U_{y,z} * l_y) \quad (7)$$

Como:

$$\frac{Q_{total}}{l_z * \Delta T} = L_{2D} \quad (8)$$

Então:

$$\psi = L_{2D} - \sum_{j=1}^{N_j} U_j * l_j \quad (9)$$

Onde L_{2D} é o coeficiente de transferência de calor a duas dimensões obtido a partir de um cálculo 2D, U_j é o coeficiente de transmissão térmica plana do elemento j a uma dimensão, l_j é o comprimento do elemento j a uma dimensão, e N_j é o número de elementos 1D (Berggren & Wall, 2013).

É válido citar que o L_{2D} deve ser determinado com o auxílio de modelos de cálculo numérico bidimensional sendo que este processo será mais detalhado em 2.6.

2.6 Ferramentas de cálculo de transferência de calor 2D

2.6.1 Introdução

Para ser possível obter o coeficiente de transmissão térmica linear, ψ , relativo às pontes térmicas lineares, é essencial recorrer a programas de cálculo numérico bidimensional. Estes *softwares* baseiam-se em métodos como o Método dos Elementos de Fronteira, o Método das Diferenças Finitas ou o Método dos Elementos Finitos para modelar a distribuição de temperaturas e para obter o fluxo de calor por entre os elementos construtivos. Este encadeamento está demonstrado na Figura 2.10.

O modelo geométrico é dividido numa malha de nós. Aplicando as leis de conservação de energia e de Fourier e considerando as condições de fronteira, obtém-se um sistema de equações que é uma função das temperaturas nos nós. A solução deste sistema, seja por uma técnica de solução direta ou por um método iterativo, fornece a temperatura nos nós a partir das quais a distribuição de temperatura pode ser determinada (isotérmicas). A partir da distribuição de temperatura, os fluxos de calor podem ser calculados aplicando a lei de Fourier (10211 ISO, 2017).

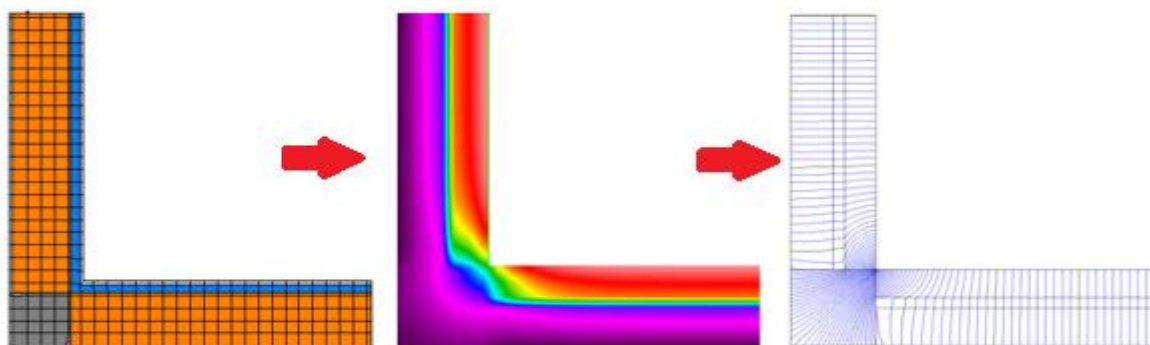


Figura 2.10 – Processo para obtenção do fluxo de calor. Geração da malha seguida da distribuição da temperatura para posteriormente obter os fluxos de calor.

Sabendo que a equação do fluxo de calor (Φ) é dada por:

$$\Phi = L_{2D} * (\theta_i - \theta_e) \quad (10)$$

Ao obter o Φ através dos programas mencionados, é possível auferir o valor de L_{2D} que será então utilizado na equação (9) para a obtenção do ψ .

2.6.2 THERM

THERM é um programa de computador desenvolvido no Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) para ser usado por fabricantes de componentes de construção, engenheiros,

educadores, estudantes, arquitetos e outros interessados em transferência de calor. No programa é possível modelar efeitos de transferência de calor bidimensional em elementos de construção, como janelas, paredes, fundações, telhados, portas, entre outros elementos onde as pontes térmicas são uma preocupação. A análise de transferência de calor do *THERM* permite avaliar a eficiência energética de um produto e as distribuições de temperatura, que podem estar relacionados diretamente a problemas com condensação.

A análise de transferência de calor bidimensional por condução do *THERM* é baseada no método de elementos finitos, que permite modelar geometrias complexas dos produtos de construção (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2019).

Com o *THERM*, além do fluxo de calor, pode-se obter ainda os coeficientes de transmissão térmica, U , as linhas isotérmicas, a distribuição de temperatura e os fluxos de calor representados por um gradiente de cores, a temperatura máxima e mínima, a malha de elementos finitos, entre outros parâmetros que caracterizam a solução.

2.6.3 UcanPsi

O *UcanPsi* é um *software* baseado no Método das Diferenças Finitas que permite calcular os fluxos de calor e temperaturas em elementos construtivos 2D e 3D, assim como obter automaticamente o valor de ψ .

O programa divide a ponte térmica numa malha de células mais ou menos apertada consoante o desejo do utilizador. Com menos células, os cálculos são mais rápidos, porém menos precisos. Em contrapartida, com muitas células, os resultados obrigam a um esforço computacional maior (tempos superiores de cálculo), porém, mais exatos.

O *software* emprega o valor médio de dois modelos, um dos modelos fornece o limite superior e o outro fornece o limite inferior do fluxo total de calor, conforme é possível observar na Figura 2.11 que representa um caso genérico. O *UcanPsi* tem demonstrado capacidade para fornecer resultados próximos dos corretos mesmo quando o número de células não é muito alto, além de disponibilizar o erro máximo conhecido.

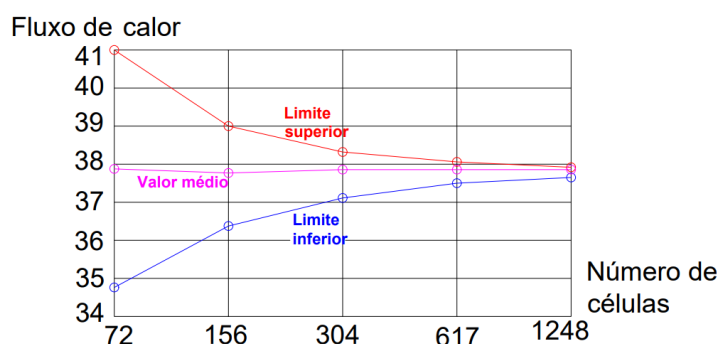


Figura 2.11 – Variação do fluxo de calor de acordo com o número de células para um caso genérico (Adaptado de Anderlind, 2018).

2.6.4 BISCO

BISCO é um *software* desenvolvido pela Physibel, uma empresa belga que fornece soluções avançadas para análises térmicas 2D e 3D.

O programa é capaz de efetuar simulação térmica em estado estacionário para todas as geometrias em 2D e executa estas ações desde geometrias simples até geometrias complexas, aplicando o método dos elementos finitos. Para tal o *BISCO* executa a discretização da solução em uma malha composta por elementos triangulares e então calcula a temperatura em cada um dos nós desses elementos. Por fim, o programa fornece os resultados desejados tais como a distribuição de temperatura e o fluxo de calor do pormenor construtivo (Valério, 2007).

O modelo geométrico apresentado pelo *software* é intuitivo uma vez que separa por cores os materiais com diferentes condutibilidades térmicas. O *BISCO* pode também ser aplicado em várias circunstâncias como para a transferência de calor através do solo, para análise de pontes térmicas ou até para análise do desempenho térmico de janelas e portas sendo esta última, uma das vocações principais do programa, uma vez que tem automatizado um conjunto de procedimentos deste cálculo. Por esse motivo, este *software* foi usado no âmbito deste estágio curricular no cálculo de componentes de portas, conforme se descreve no Capítulo 5.

3. VERIFICAÇÃO UCANPSI, THERM E BISCO

3.1 Introdução

A verificação de métodos é essencial para assegurar resultados. Visando então verificar o método de cálculo utilizado pelos *softwares* anteriormente descritos em 2.6.2, 2.6.3 e 2.6.4, foram selecionadas algumas soluções presentes no Catálogo de pontes térmicas lineares disponíveis no *website* do Itecons e os seus resultados foram comparados com os resultados obtidos pelo *THERM* e pelo *UcanPsi*. Além disso, a precisão do *THERM* e do *BISCO* foi ainda verificada através de dois casos de referência propostos na norma EN ISO 10211:2017.

Para as comparações entre os valores dos ψ serem ainda mais claras, são apresentadas tabelas com a variação percentual entre estes resultados sendo, entretanto, importante realçar que as variações são calculadas em relação ao valor de ψ obtido por meio do *THERM* (quando se compara valores do *THERM* vs. *UcanPsi* e *THERM* vs. *Catálogo*). Em contrapartida, quando se realiza a comparação *UcanPsi* vs. *Catálogo* então a base de comparação passa a ser o valor de ψ auferido pelo *UcanPsi*. Na Tabela 3.3, por exemplo, quando o isolamento é de 0.03 m, a variação percentual entre o valor obtido pelo *THERM* e pelo valor obtido pelo *UcanPsi* é de -2.56%, uma vez que o valor de ψ obtido pelo *THERM* foi $0.078 \text{ W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$, enquanto o resultado fornecido pelo *UcanPsi* foi de $0.076 \text{ W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$. A lógica utilizada foi idêntica para todos os cálculos, alterando, eventualmente, apenas a base de comparação conforme justificado anteriormente.

3.2 Comparação entre os valores obtidos pelo *THERM* e *UcanPsi*

Com a finalidade de realizar a verificação, foram selecionadas três diferentes soluções construtivas e a partir destas foi executado o cálculo dos ψ para diferentes espessuras de isolamento térmico assim como para diversas espessuras da laje de pavimento no caso demonstrado na subsecção 3.2.3. Foi primeiramente realizada uma análise da ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo interior e pilar na zona do cunhal, conforme demonstrado na Figura 3.1. A segunda solução analisada foi a ligação entre fachada e cobertura com parede simples em alvenaria de tijolo e laje de cobertura isoladas de forma contínua pelo exterior conforme a Figura 3.2 e, por fim, calcularam-se os valores de ψ para uma ligação entre fachada e pavimento intermédio com isolamento contínuo pelo exterior, conforme exposto na Figura 3.3.

Nestas figuras mencionadas é também possível visualizar as condutibilidades térmicas utilizadas na avaliação das soluções, as quais foram propostas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

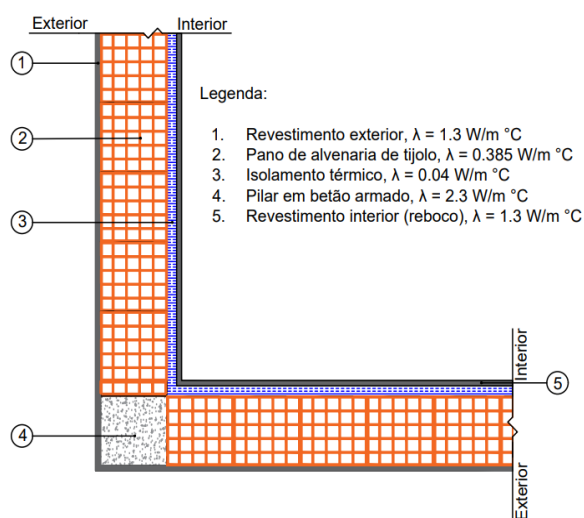


Figura 3.1 - Pormenor construtivo da ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo interior e pilar na zona do cunhal.

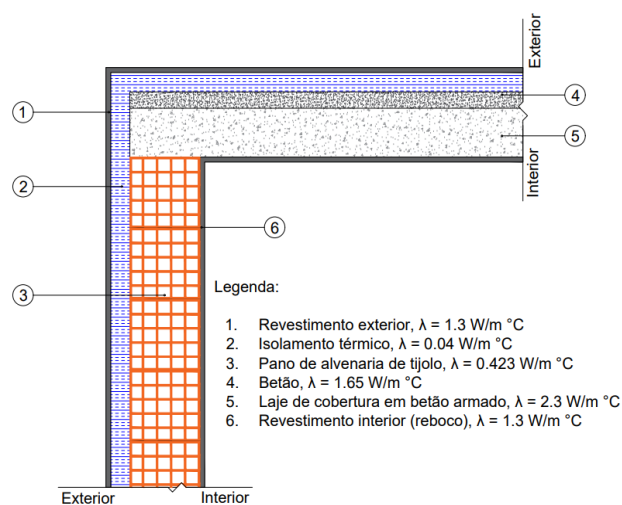


Figura 3.2 - Pormenor construtivo da ligação entre fachada e cobertura com parede simples em alvenaria de tijolo e laje de cobertura isoladas de forma contínua pelo exterior.

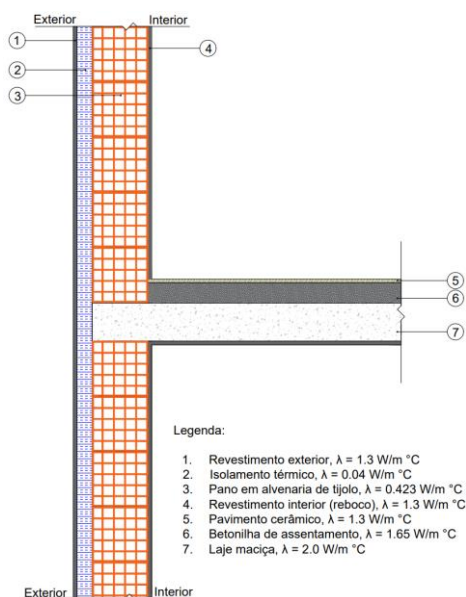


Figura 3.3 – Pormenor construtivo da ligação entre fachada e pavimento intermédio com isolamento contínuo pelo exterior.

3.2.1 Ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo interior e pilar na zona do cunhal

Inicialmente foi elaborada a ligação demonstrada na Figura 3.1 nos *softwares* descritos em 2.6.2 e 2.6.3 utilizando as condições de fronteira expostas na Tabela 3.1. Vale destacar que o *UcanPsi*

fornece o valor do ψ diretamente, diferentemente do *THERM* em que é preciso realizar alguns cálculos adicionais e com o emprego da equação (9) obtém-se os valores de ψ .

Tabela 3.1 – Condições de fronteira definidas para o cálculo do ψ .

| Parâmetro | Simbologia | Valor | Unidade |
|---|------------|-------|--------------------------------------|
| Resistência térmica superficial externa | R_{se} | 0,04 | $m^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ |
| Resistência térmica superficial interna | R_{si} | 0,13 | $m^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ |
| Temperatura externa | θ_e | 0 | $^\circ\text{C}$ |
| Temperatura interna | θ_i | 20 | $^\circ\text{C}$ |

Consoante a Tabela 3.2, verifica-se que os valores de ψ obtidos pelo *THERM*, *UcanPsi* e pelo Catálogo do Itecons foram muito próximos, sendo que a diferença máxima foi de 8.70%, conforme é indicado na Tabela 3.3. Tendo em vista que os valores de ψ para esta solução são tão baixos que uma diferença de 8.70%, neste caso, não tem um peso significativo.

Tabela 3.2 – Valores de ψ consoante a espessura da camada do isolamento térmico.

| Espessura da parede de alvenaria de tijolo = 20 cm | | | |
|--|---|----------------|------------------|
| Espessura da camada de isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m $^\circ\text{C}$)] | | |
| | <i>THERM</i> | <i>UcanPsi</i> | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,078 | 0,076 | 0,080 |
| 0,040 | 0,064 | 0,061 | 0,060 |
| 0,050 | 0,054 | 0,052 | 0,050 |
| 0,060 | 0,048 | 0,046 | 0,050 |
| 0,070 | 0,043 | 0,041 | 0,040 |
| 0,080 | 0,040 | 0,038 | 0,040 |

Tabela 3.3 – Variação percentual entre os valores de ψ .

| Espessura da camada de isolamento [m] | <i>THERM</i> vs. <i>UcanPsi</i> | <i>THERM</i> vs. Catálogo | <i>UcanPsi</i> vs. Catálogo |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 0,030 | -2,56% | 2,56% | 5,26% |
| 0,040 | -4,69% | -6,25% | -1,64% |
| 0,050 | -3,70% | -7,41% | -3,85% |
| 0,060 | -4,17% | 4,17% | 8,70% |
| 0,070 | -4,65% | -6,98% | -2,44% |
| 0,080 | -5,00% | 0,00% | 5,26% |

Ao analisar por outra perspectiva, percebe-se através do gráfico demonstrado na Figura 3.4 que os valores de ψ estão sempre muito próximos sendo que, neste caso, o programa *THERM* apresenta usualmente valores mais conservadores.

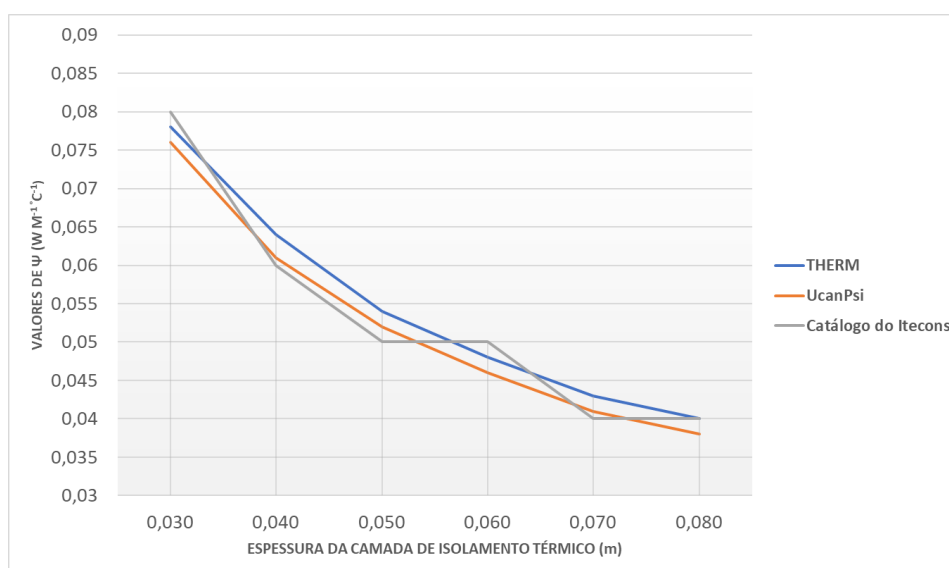


Figura 3.4 – Valores de ψ consoante a espessura do isolamento térmico obtidos através do *THERM*, *UcanPsi* e Catálogo do Itecons para a ligação entre duas fachadas.

3.2.2 Ligação entre fachada e cobertura com parede simples em alvenaria de tijolo e laje de cobertura isoladas de forma contínua pelo exterior

A ligação entre fachada e cobertura analisada, apresenta valores distintos de resistência térmica superficial devido à direção do fluxo de calor ser diferente. Os valores utilizados foram os mesmos apresentados na Tabela 3.1 além dos valores expostos na Tabela 3.4 devido ao fluxo que atravessa a cobertura.

Tabela 3.4 - Condições de fronteira definidas para o cálculo do ψ .

| Parâmetro | Simbologia | Valor | Unidade |
|---|------------|-------|---------------------------------------|
| Resistência térmica superficial externa | R_{se} | 0,04 | $m^2 \text{ } ^\circ\text{C } W^{-1}$ |
| Resistência térmica superficial interna | R_{si} | 0,10 | $m^2 \text{ } ^\circ\text{C } W^{-1}$ |
| Temperatura externa | θ_e | 0 | $^\circ\text{C}$ |
| Temperatura interna | θ_i | 20 | $^\circ\text{C}$ |

Baseada na pormenorização apresentada na Figura 3.2, a ligação foi elaborada mais uma vez em ambos os programas sendo que os resultados obtidos foram comparados com o Catálogo do Itecons, conforme demonstrado na Tabela 3.5. Foi ainda obtido uma tabela com as diferenças resultantes das comparações entre os valores de ψ , conforme exposto na Tabela 3.6.

Tabela 3.5 – Valores de ψ consoante a espessura da camada do isolamento térmico.

| Espessura da laje de cobertura = 15 cm e espessura da alvenaria de tijolo = 22 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UcanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,303 | 0,291 | 0,290 |
| 0,040 | 0,264 | 0,255 | 0,260 |
| 0,050 | 0,235 | 0,227 | 0,230 |
| 0,060 | 0,213 | 0,205 | 0,210 |

No caso desta ligação entre fachada e cobertura, a variação percentual máxima em módulo foi de 4.29% que corresponde a diferença entre o valor de 0.303 W/(m °C) obtido pelo *THERM* e 0.290 W/(m °C) obtido pelo Catálogo.

No gráfico retratado na Figura 3.5 é possível visualizar de maneira diferente a comparação entre os valores de ψ obtidos pelos diferentes meios.

Tabela 3.6 - Variação percentual entre os valores de ψ .

| Espessura da camada de Isolamento [m] | <i>THERM</i> vs. <i>UcanPsi</i> | <i>THERM</i> vs. Catálogo | <i>UcanPsi</i> vs. Catálogo |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 0,030 | -3,96% | -4,29% | -0,34% |
| 0,040 | -3,41% | -1,52% | 1,96% |
| 0,050 | -3,40% | -2,13% | 1,32% |
| 0,060 | -3,76% | -1,41% | 2,44% |

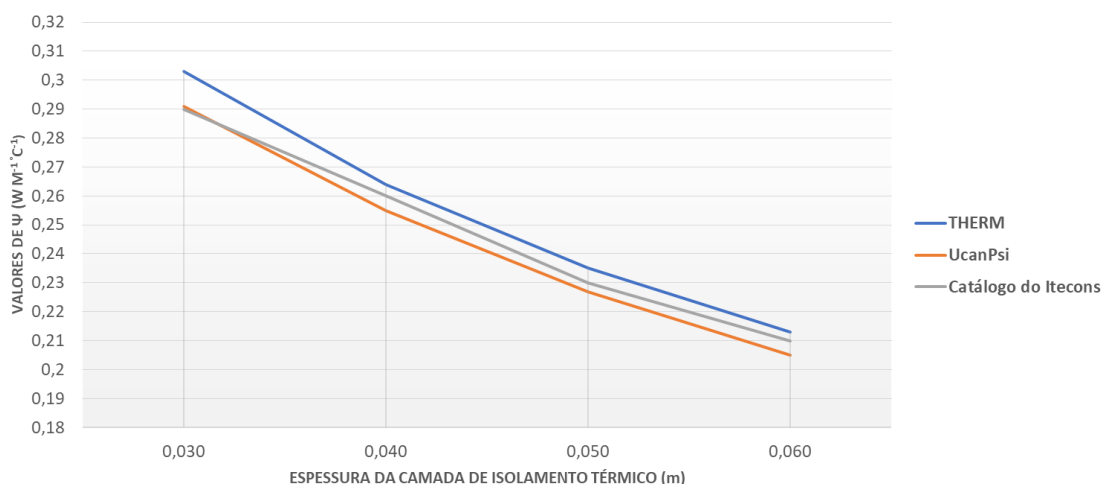


Figura 3.5 - Valores de ψ consoante a espessura do isolamento térmico obtidos através do *THERM*, *UcanPsi* e Catálogo do Itecons para a ligação entre fachada e cobertura.

Da análise dos valores de ψ , nota-se que os resultados obtidos são muito próximos apresentando maiores diferenças apenas quando comparados ao catálogo. Esta diferença de valores pode ocorrer por haver pequenas diferenças nas condutibilidades térmicas e nas espessuras de algumas camadas de materiais utilizadas na elaboração da ligação presente no catálogo (e.g. reboco). Desta forma, presumem-se alguns parâmetros com a finalidade de obter uma solução bastante similar.

O catálogo tem o objetivo de fornecer variadas situações de PT para que o utilizador possa consultar uma solução similar e assim obter um ψ aproximado, portanto não é de interesse disponibilizar, por exemplo, a espessura do revestimento externo (e.g. reboco) utilizado na solução apresentada no catálogo, pois independentemente deste valor, o resultado do ψ terá pouca variação.

3.2.3 Ligação entre fachada e pavimento intermédio com isolamento contínuo pelo exterior

Para a ligação entre fachada e pavimento intermédio com isolamento contínuo pelo exterior, os valores de ψ obtidos estão demonstrados na Tabela 3.7, já as variações percentuais para esta ligação estão indicadas na Tabela 3.8. As condições de fronteiras utilizadas para o cálculo do ψ nesta ligação, são as expostas na Tabela 3.1.

Verifica-se que a diferença máxima em módulo foi de 4.46% que corresponde a diferença entre o valor de 0.157 W/(m °C) obtido pelo *THERM* e 0.150 W/(m °C) obtido pelo Catálogo.

Tabela 3.7 - Valores de ψ consoante a espessura da camada do isolamento térmico.

| Espessura da laje = 15 cm e espessura da alvenaria de tijolo = 22 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UcanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,233 | 0,232 | 0,230 |
| 0,040 | 0,188 | 0,187 | 0,180 |
| 0,050 | 0,157 | 0,156 | 0,150 |
| 0,060 | 0,135 | 0,134 | 0,130 |

Tabela 3.8 – Variação percentual entre os valores de ψ .

| Espessura da camada de Isolamento [m] | <i>THERM</i> vs. <i>UcanPsi</i> | <i>THERM</i> vs. Catálogo | <i>UcanPsi</i> vs. Catálogo |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 0,030 | -0,43% | -1,29% | -0,86% |
| 0,040 | -0,53% | -4,26% | -3,74% |
| 0,050 | -0,64% | -4,46% | -3,85% |
| 0,060 | -0,74% | -3,70% | -2,99% |

Conforme é possível visualizar no gráfico exposto na Figura 3.6, os valores de ψ são muito próximos comprovando, mais uma vez, a verificação dos resultados.

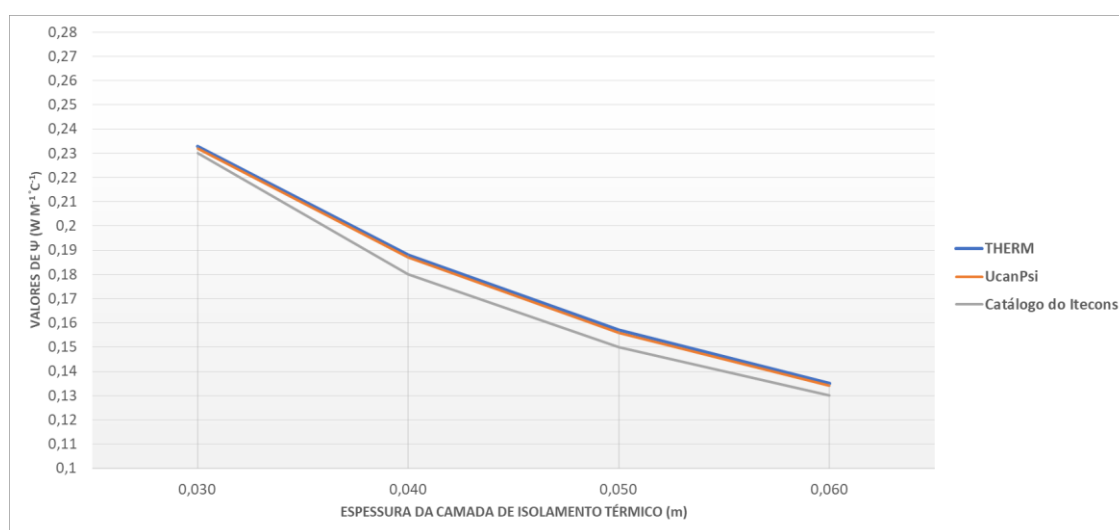


Figura 3.6 - Valores de ψ consoante a espessura do isolamento térmico obtidos através do *THERM*, *UcanPsi* e Catálogo do Itecons para a ligação entre a fachada e pavimento intermédio.

Para esta mesma ligação foi também feita uma análise mantendo-se a espessura do isolamento térmico em 0.03 m e variou-se apenas a espessura da laje de pavimento, obtendo assim os resultados expostos na Tabela 3.9 assim como as respetivas variações percentuais retratadas na Tabela 3.10.

Tabela 3.9 - Valores de ψ consoante a espessura da laje de pavimento.

| Espessura da alvenaria = 22 cm e espessura do Isolamento = 3 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Laje de Pavimento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UcanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,150 | 0,233 | 0,232 | 0,230 |
| 0,170 | 0,252 | 0,251 | 0,250 |
| 0,200 | 0,282 | 0,280 | 0,270 |
| 0,220 | 0,300 | 0,299 | 0,290 |
| 0,250 | 0,328 | 0,327 | 0,320 |
| 0,270 | 0,347 | 0,345 | 0,340 |
| 0,300 | 0,374 | 0,373 | 0,360 |
| 0,320 | 0,392 | 0,391 | 0,380 |
| 0,350 | 0,419 | 0,418 | 0,410 |

Nesta última ligação analisada no presente capítulo, verifica-se que a diferença máxima em módulo foi de 4.26% que corresponde a diferença entre o valor de 0.282 W/(m °C) obtido pelo *THERM* e 0.270 W/(m °C) obtido pelo Catálogo.

Tabela 3.10 - Variação percentual entre os valores de ψ .

| Espessura da Laje de Pavimento [m] | <i>THERM</i> vs. <i>UcanPsi</i> | <i>THERM</i> vs. Catálogo | <i>UcanPsi</i> vs. Catálogo |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 0,150 | -0,43% | -1,29% | -0,86% |
| 0,170 | -0,40% | -0,79% | -0,40% |
| 0,200 | -0,71% | -4,26% | -3,57% |
| 0,220 | -0,33% | -3,33% | -3,01% |
| 0,250 | -0,30% | -2,44% | -2,14% |
| 0,270 | -0,58% | -2,02% | -1,45% |
| 0,300 | -0,27% | -3,74% | -3,49% |
| 0,320 | -0,26% | -3,06% | -2,81% |
| 0,350 | -0,24% | -2,15% | -1,91% |

Vale destacar que os valores de ψ , neste caso, aumentam conforme o aumento da espessura da laje de pavimento (Figura 3.7). Nas duas ligações anteriores o valor de ψ reduzia, porque estava em função do aumento da espessura do isolamento térmico.

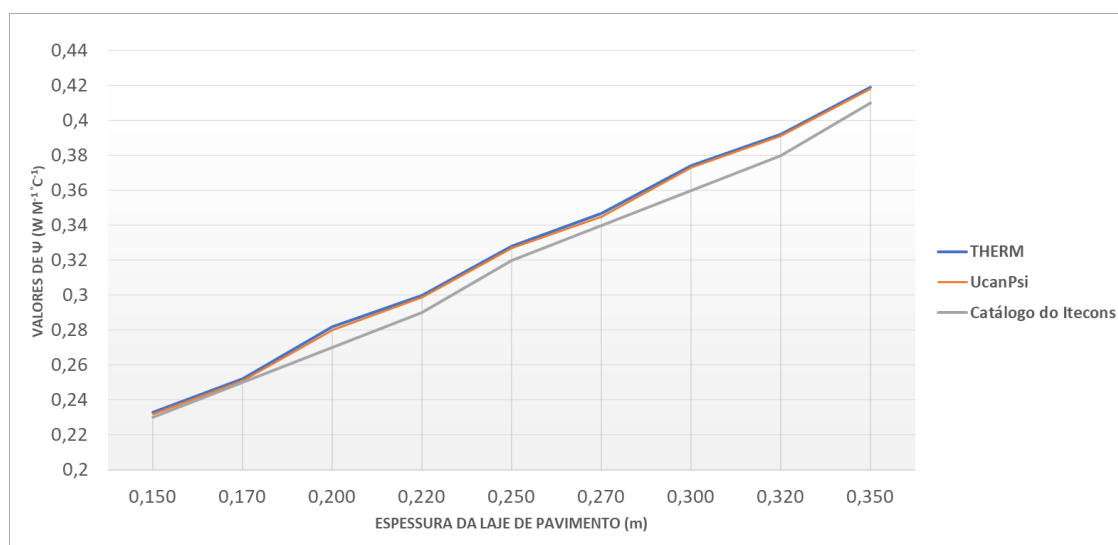


Figura 3.7 – Valores de ψ consoante a espessura da laje de pavimento obtidos através do *THERM*, *UcanPsi* e Catálogo do Itecons

Mais uma vez conclui-se que independentemente do meio de obtenção de ψ , os valores foram similares, apresentando diferenças percentuais aceitáveis.

3.3 Comparação entre valores obtidos pelo *THERM* e *BISCO*

De modo a confrontar os valores obtidos pelos dois programas e posteriormente verificá-los, foram elaborados pormenores de ligação entre o painel opaco e o vidro presente em portas. As mesmas soluções foram realizadas em ambos os programas para, desta forma, comparar os

valores dos coeficientes de transmissão térmica linear da ligação. Esta verificação foi realizada com particular interesse nos resultados a obter no âmbito do Capítulo 5 da presente dissertação.

Conforme será detalhado na subsecção 4.3, todos os passos para elaboração das soluções foram exaustivamente seguidos para que assim fosse possível elaborar o pormenor construtivo para uma porta sem elemento decorativo (Figura 3.8) e para uma porta com elemento decorativo (Figura 3.9). Após a realização dos desenhos no *THERM*, os valores de ψ foram obtidos com o auxílio de uma folha de cálculo.

Cabe salientar que não é possível desenhar circunferências ou curvas no *THERM* então desta forma foi necessário realizar simplificações principalmente na zona do espaçador térmico devido à quantidade de detalhes.

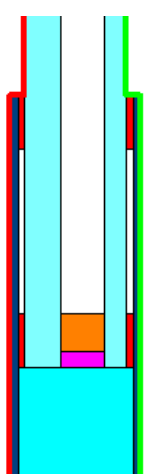


Figura 3.8 –Pormenor da ligação entre painel opaco e vidro numa porta sem elemento decorativo elaborado no *THERM*.

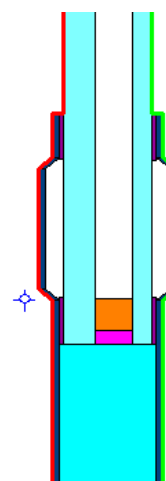


Figura 3.9 - Pormenor da ligação entre painel opaco e vidro numa porta com elemento decorativo elaborado no *THERM*.

Após a execução dos cálculos, foi obtido um ψ de 0.091 W/m°C para a porta sem elemento decorativo e 0.088 W/m°C para a porta com elemento decorativo.

A etapa seguinte consistiu em elaborar os mesmos pormenores no programa *BISCO* dado que o objetivo era comparar os valores obtidos de ψ pelos diferentes *softwares*. Neste programa os desenhos foram feitos de forma muito mais detalhadas, com todas as curvas necessárias para caracterizar perfeitamente a solução. Como os desenhos são elaborados no *AutoCad* e posteriormente importados para o *BISCO*, há esta maior liberdade para desenhar visto que o *AutoCad* é um programa muito mais moderno neste sentido.

Uma vez que os desenhos das soluções estavam elaborados e já importados no *BISCO*, obteve-se o pormenor construtivo para a porta sem elemento decorativo (Figura 3.11) e para a porta com elemento decorativo (Figura 3.10) que foram utilizados como base para o programa executar o cálculo automático do ψ .

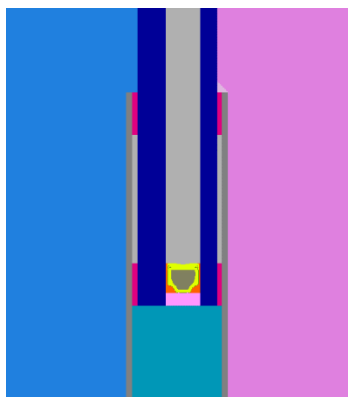


Figura 3.11 - Pormenor da ligação entre painel opaco e vidro numa porta sem elemento decorativo elaborado no *BISCO*.

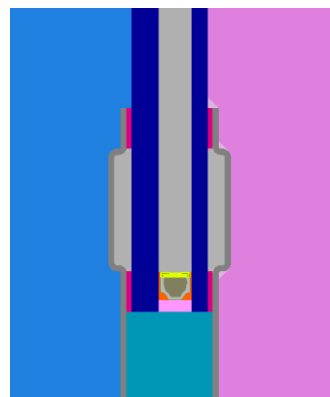


Figura 3.10 - Pormenor da ligação entre painel opaco e vidro numa porta com elemento decorativo elaborado no *BISCO*.

Foi então obtido um valor de $0.090 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ para a porta sem elemento decorativo e $0.087 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ para a porta com elemento decorativo, constatando-se mais uma vez a similaridade dos resultados.

3.4 Verificação do *THERM* segundo a norma EN ISO 10211:2017

3.4.1 Caso de referência A1

Neste primeiro caso de referência é apresentada uma meia coluna retangular (Figura 3.12) com determinado fluxo de calor a atravessar este elemento sendo fornecidas as temperaturas superficiais obtidas analiticamente em 28 pontos separados de modo equidistante. Segundo a norma, a diferença entre as temperaturas calculadas pelo método que está a ser verificado e as temperaturas listadas não deve exceder $0.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ao analisar as temperaturas obtidas pelo programa *THERM* mostrados na Tabela 3.11, nota-se que em 5 dos 28 pontos as temperaturas diferiram em $0.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ em relação à solução analítica. Logo chega-se a conclusão de que a precisão do *software* é adequada e o programa está verificado no que diz respeito ao primeiro caso de referência.

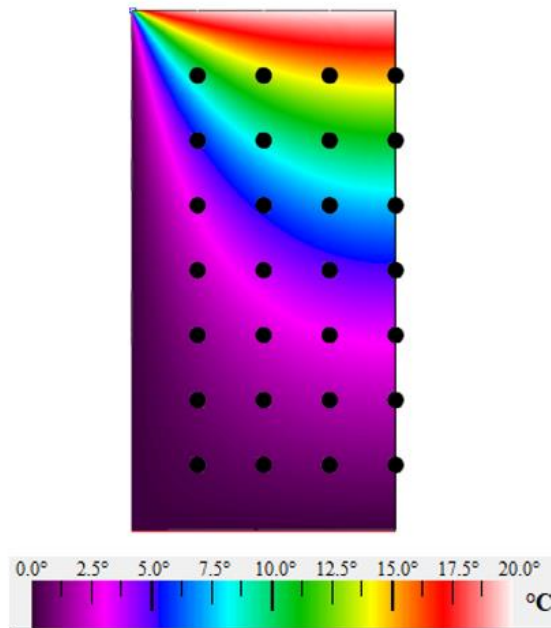


Figura 3.12 – Distribuição de temperaturas.

Tabela 3.11 – Temperaturas superficiais para cada ponto da Figura 3.12.

| Temperaturas obtidas pelo THERM [°C] | | | | Temperaturas obtidas na norma EN ISO 10211:2017 [°C] | | | |
|--------------------------------------|------|------|------|--|------|------|------|
| 9,7 | 13,4 | 14,7 | 15,1 | 9,7 | 13,4 | 14,7 | 15,1 |
| 5,3 | 8,6 | 10,3 | 10,8 | 5,3 | 8,6 | 10,3 | 10,8 |
| 3,3 | 5,6 | 7,0 | 7,5 | 3,2 | 5,6 | 7,0 | 7,5 |
| 2,1 | 3,6 | 4,7 | 4,9 | 2,0 | 3,6 | 4,7 | 5,0 |
| 1,3 | 2,3 | 3,0 | 3,2 | 1,3 | 2,3 | 3,0 | 3,2 |
| 0,8 | 1,4 | 1,8 | 1,9 | 0,7 | 1,4 | 1,8 | 1,9 |
| 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,3 | 0,6 | 0,8 | 0,9 |

3.4.2 Caso de referência A2

Neste segundo caso de referência a EN ISO 10211:2017 mais uma vez define que a diferença entre as temperaturas do método a ser verificado e das temperaturas listadas na norma não devem ser maiores que 0.1 °C assim como a diferença entre os fluxos de calor não deve exceder 0.1 W/m (Santos et al., 2019).

O caso de referência proposto pela norma é composto por camadas de betão, madeira, isolamento térmico e alumínio sendo que o resultado da distribuição de temperaturas após aplicado as condições de fronteira e definidas as dimensões, é demonstrado na Figura 3.13. A Figura 3.14 ilustra o mesmo modelo, porém já com a inserção dos pontos em que a norma estabelece as temperaturas superficiais.

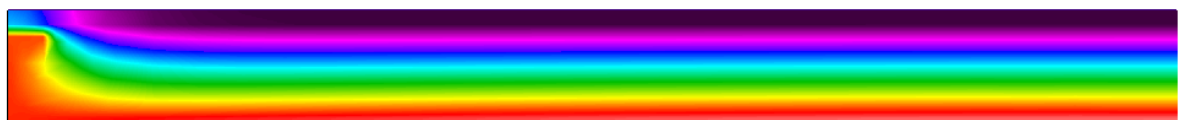


Figura 3.13 - Distribuição de temperaturas obtido recorrendo ao THERM.

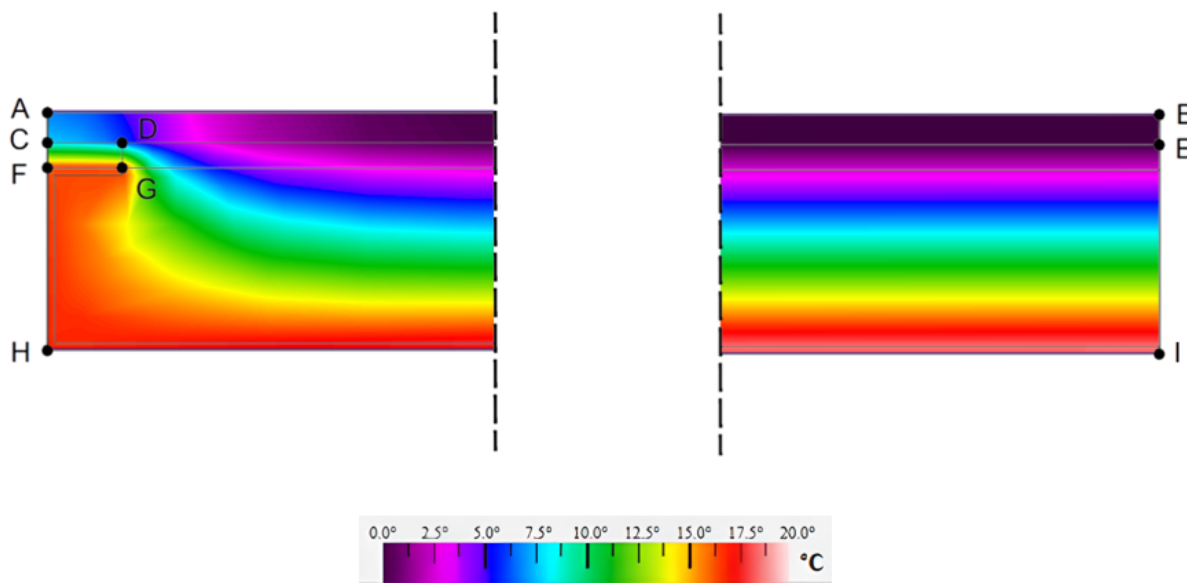


Figura 3.14 – Distribuição de temperaturas com os pontos de referência.

Após a elaboração do caso de referência no *THERM*, as temperaturas obtidas em cada ponto assim como o fluxo de calor foram expostos na Tabela 3.12. Nota-se que somente no ponto C e no ponto F é que os resultados não foram exatamente iguais variando em 0.1 °C. O fluxo de calor obtido apresentou uma diferença de 0.0378 W/m, ou seja, ainda está abaixo do limite máximo de 0.1 W/m definido pela EN ISO 10211:2017.

Tabela 3.12 – Temperaturas superficiais obtidas nos pontos de referência.

| Temperaturas obtidas pelo <i>THERM</i> [°C] | Temperaturas obtidas na norma EN ISO 10211:2017 [°C] |
|---|--|
| A: 7,1 | A: 7,1 |
| B: 0,8 | B: 0,8 |
| C: 8,0 | C: 7,9 |
| D: 6,3 | D: 6,3 |
| E: 0,8 | E: 0,8 |
| F: 16,3 | F: 16,4 |
| G: 16,3 | G: 16,3 |
| H: 16,8 | H: 16,8 |
| I: 18,3 | I: 18,3 |
| Fluxo de calor: 9,5378 W/m | Fluxo de calor: 9,5 W/m |

3.5 Verificação do *BISCO* segundo a norma EN ISO 10211:2017

Com a intenção de verificar o programa *BISCO* e qualificá-lo como um programa capaz de elaborar cálculos bidimensionais, foram realizados os mesmos casos de referência já citados em 3.4.1 e 3.4.2.

3.5.1 Caso de referência A1

Após novamente elaborar a meia coluna retangular mencionada em 3.4.1, foram analisadas as temperaturas superficiais nos 28 pontos separados de modo equidistante que se encontram distribuídos pela superfície a ser analisada. A distribuição de temperaturas e as temperaturas superficiais obtidas estão demonstradas nas Figura 3.15 e Figura 3.16 respectivamente.

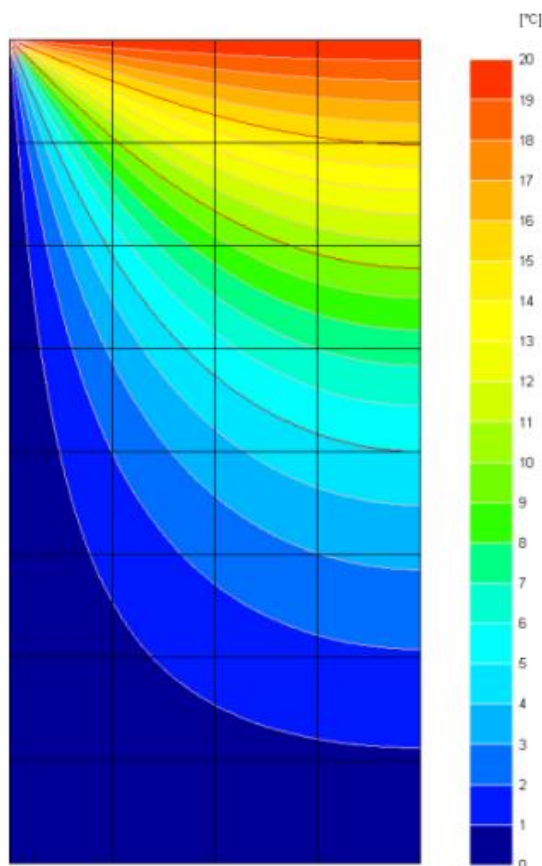


Figura 3.15 – Distribuição de temperaturas obtida pelo *BISCO* (Physibel, 2020).

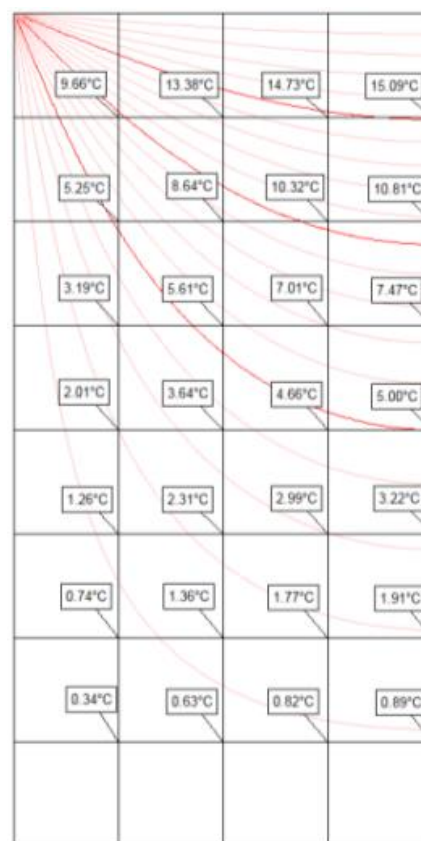


Figura 3.16 – Temperaturas superficiais dos pontos de referência obtidas pelo *BISCO* (Physibel, 2020).

Através da análise dos resultados obtidos, verifica-se que a precisão conseguida é alta e, neste caso, os resultados estão validados visto que em nenhum dos pontos a diferença de temperatura entre o programa e a solução analítica foi superior a 0.1°C (Physibel, 2020).

3.5.2 Caso de referência A2

Após a elaboração do segundo caso de referência no programa *BISCO*, foram obtidas as temperaturas superficiais nos pontos de referência, a distribuição de temperaturas e o fluxo total de calor conforme demonstra a Figura 3.17.

Por intermédio da avaliação efetuada sobre os resultados obtidos, verifica-se que as temperaturas obtidas nos pontos de referência e o fluxo total de calor arredondados em uma casa decimal, são idênticos aos valores apresentados na norma (Physibel, 2020).

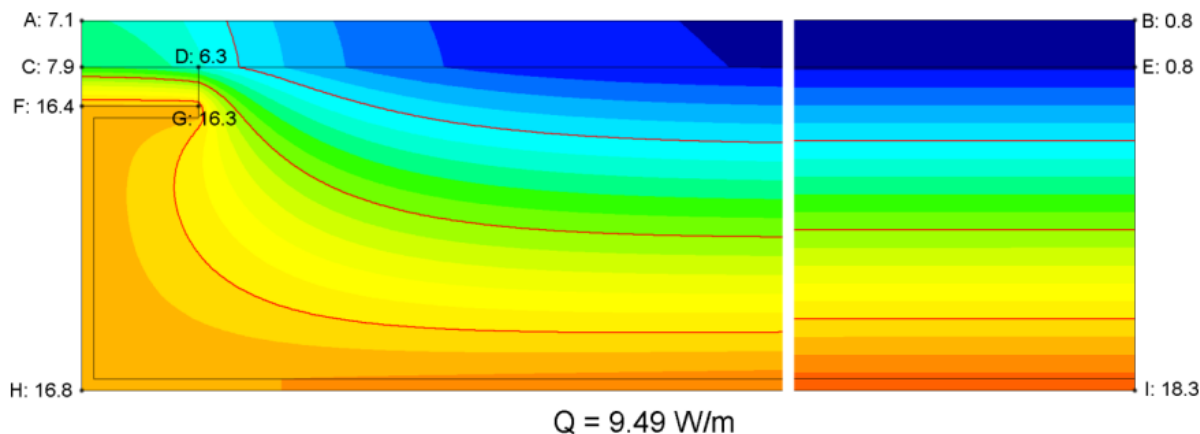


Figura 3.17 – Distribuição de temperaturas e temperaturas superficiais nos pontos de referência obtidas pelo *BISCO* (Physibel, 2020).

3.6 Discussão dos resultados

Ao realizar uma análise global das ligações, constata-se que a maior variação percentual em módulo entre os valores de ψ foi de 8.70% e em termos absolutos foi de 0.014 W/ (m °C) que pode ser devido às incertezas das propriedades de materiais utilizados na elaboração das ligações presentes no catálogo.

Ao comparar apenas os resultados obtidos com os programas, a variação percentual máxima em módulo foi de 5.00% e em termos absolutos foi de 0.012 W/ (m °C). Esta menor diferença entre os valores, comum quando se executa uma comparação entre os *softwares*, deve-se ao facto de que em ambos os programas as pormenorizações construtivas elaboradas foram exatamente as mesmas. Logo, conclui-se que os resultados obtidos pelo *UcanPsi* e pelo *THERM* verificam entre si.

Ao comparar os valores de ψ obtidos pelo *THERM* e pelo *BISCO* na subsecção 3.3, constata-se que há uma ligeira diferença entre os valores. Esta discrepância pode ser devida às diferenças introduzidas pelos programas, mas também devido às simplificações realizadas durante a elaboração do pormenor construtivo no *THERM*, devido à impossibilidade de desenhar fronteiras curvas nesse programa.

Fundamentado nas subsecções 3.4.1, 3.4.2, 3.5.1 e 3.5.2 ficou explícito através da elaboração dos casos de referência presentes na EN ISO 10211:2017 que o programas *THERM* e *BISCO* apresentam uma excelente exatidão, demonstrando serem *softwares* confiáveis.

4. CÁLCULO DE PONTES TÉRMICAS LINEARES EM SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

4.1 Introdução

Com a finalidade de diversificar o Catálogo de Pontes Térmicas Lineares do Itecons, foram realizados cálculos adicionais para diversos tipos de ligações.

Foi executado o cálculo do ψ de 1424 pormenores construtivos diferentes, em que se variava espessuras do isolamento térmico, espessuras das alvenarias, tipos de materiais, localização dos isolamentos térmicos, entre outros aspetos construtivos que apresentassem um impacto significativo no comportamento térmico destas soluções.

Neste capítulo será exposto pormenorizadamente como foi realizado o trabalho com o intuito de obter o coeficiente de transmissão térmica para uma ligação entre fachada e parede divisória, demonstrada na Figura 4.1. Este procedimento foi repetido nas já referidas 1424 soluções.

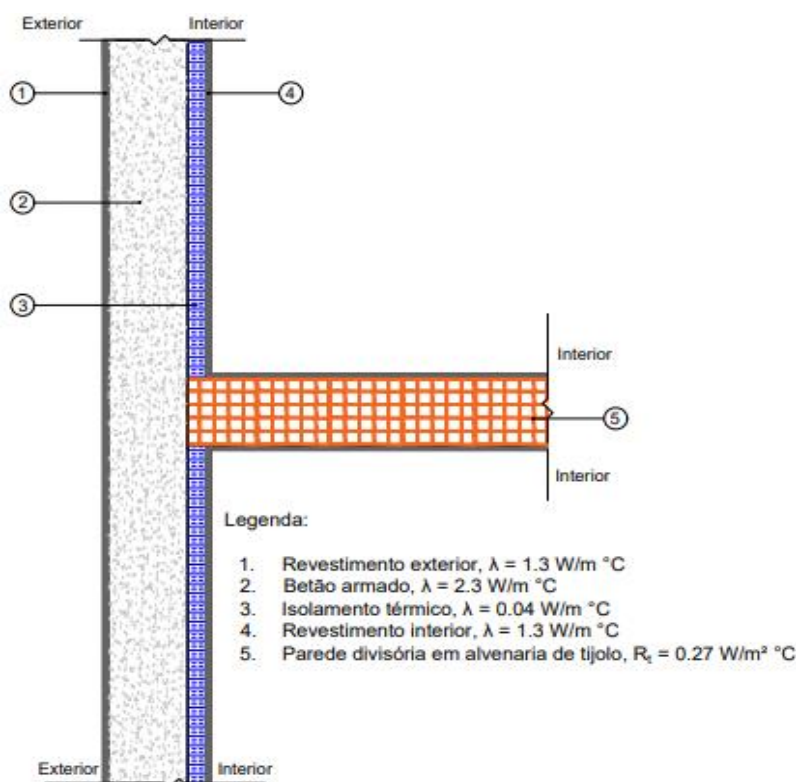


Figura 4.1 – Ligação entre fachada e parede divisória.

4.2 Obtenção do ψ por meio do *UcanPsi*

O processo de cálculo inicia-se através da elaboração da geometria do pormenor construtivo no programa *UcanPsi* e, para tal, é preciso primeiramente definir as dimensões de cada camada de material que constitui a solução a ser elaborada, ao longo dos eixos X e Y. Para o exemplo proposto neste capítulo, definiram-se os comprimentos de cada camada na coluna da esquerda e as respectivas condutibilidades térmicas foram introduzidas na coluna mais à direita da Figura 4.2.

A camada de revestimento exterior e interior foi desenhada com 15 mm e 1.3 W/(m °C), a camada de isolamento térmico foi elaborada com 60 mm e 0.04 W/(m °C), a parede de betão armado tinha, neste caso, 200 mm e 2.3 W/(m °C) e por fim a parede divisória apresentava 110 mm de espessura com uma condutibilidade térmica de 0.407 W/(m °C).

| Lengths | | Material | | Start values | |
|---------------|------|----------|--------------------|--------------|-------|
| Specify in mm | | Name | Value | Select | Fetch |
| x → | y ↓ | | | | |
| 1 | 15 | 1000 | Indoor/outdoor air | — | |
| 2 | 200 | 15 | Reboco ext | 1.3 | |
| 3 | 60 | 110 | Divisoria | 0.407 | |
| 4 | 15 | 15 | Isolamento | 0.04 | |
| 5 | 1000 | 1000 | Reboco int | 1.3 | |
| | | | Betao armado | 2.3 | |

Figura 4.2 – Dimensões de cada camada e as respectivas condutibilidades térmicas.

O resultado da elaboração da geometria no programa pode ser visualizado na Figura 4.3, onde o *UcanPsi* apresenta ainda algumas opções para a inserção de mais camadas de materiais ou a exclusão das mesmas, sendo ainda possível rodar o desenho na horizontal, refazer ações e alterar a condutibilidade térmica dos materiais.

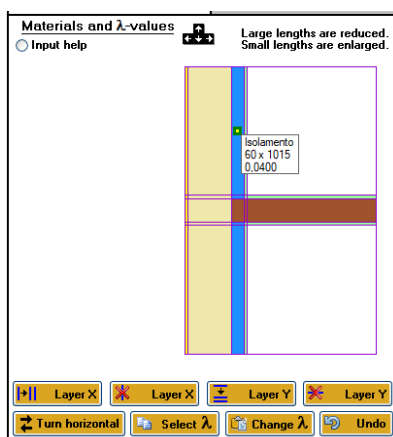


Figura 4.3 – Representação esquemática da ligação apresentada pelo *UcanPsi* após definição da geometria, materiais e respetivos λ .

Dado que o pormenor construtivo já está definido, deve-se fixar as resistências superficiais internas (R_{si}) e externas (R_{se}). Conforme demonstrado na Figura 4.4, o programa oferece a opção de utilizar os valores correntes para o R_{si} e o R_{se} , então foi esta a alternativa selecionada.

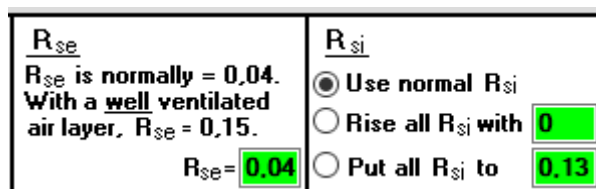


Figura 4.4 – Menu apresentado pelo *UcanPsi* com a possibilidade de definir o valor de R_{si} e R_{se} .

Após concluir a fase de inserção de dados, o programa apresenta no menu ilustrado na Figura 4.5, a opção de selecionar o número de células a ser utilizado no cálculo, o que terá impacto na exatidão do ψ .

Finalmente, seleciona-se a opção para calcular o valor do coeficiente de transmissão térmica linear e após alguns segundos o *UcanPsi* retorna este valor correspondente à ligação elaborada, conforme exposto na Figura 4.5.

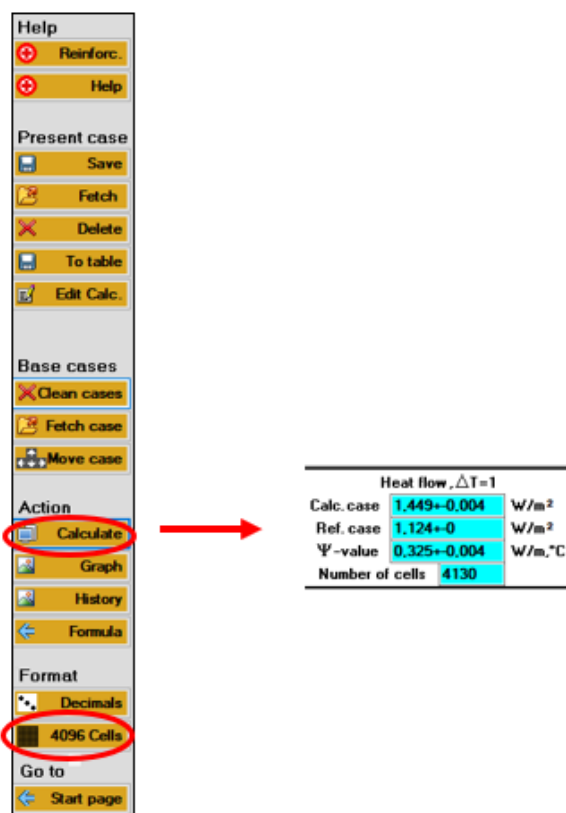


Figura 4.5 - Menu existente no *UcanPsi* à esquerda e resultados dos cálculos à direita.

Para assegurar que o valor de ψ obtido é um valor fidedigno e que não houve nenhum erro ou omissão durante a elaboração da ligação, foi realizada a mesma solução no programa *THERM* conforme será detalhado na subsecção 4.3.

4.3 Obtenção do ψ por meio do *THERM*

Mais uma vez, o passo inicial é desenhar o modelo que tenciona-se realizar a análise térmica. No *THERM*, há uma dificuldade acrescida devido à necessidade de desenhar cada camada de material que constitui a ligação, definir as condições de fronteira e ainda realizar o cálculo de ψ numa folha de cálculo adicional, diferentemente do *UcanPsi* onde basta adicionar dimensões de cada camada visto que as condições de fronteira já são automaticamente definidas e, desta forma, o ψ é fornecido automaticamente.

Com a utilização das ferramentas de desenho existentes no programa, destacadas na Figura 4.6, desenha-se as camadas com os respectivos comprimentos através da elaboração de retângulos e polígonos.

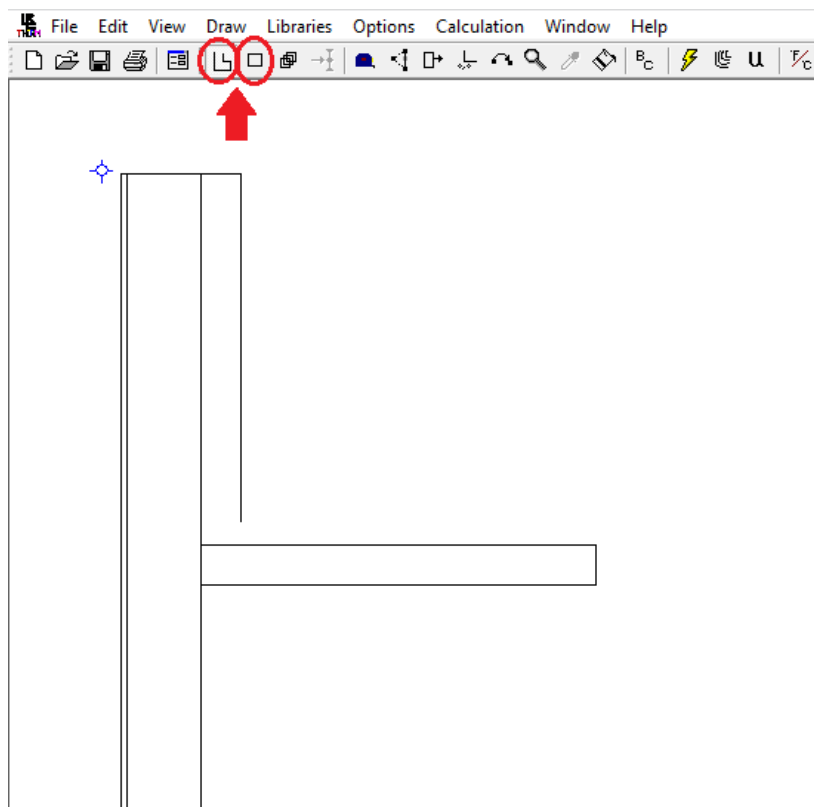


Figura 4.6 - Menu principal do *THERM* com as ferramentas de desenho em destaque.

O passo seguinte é definir os materiais que constituem cada uma das camadas. Adicionam-se os materiais com as respectivas condutibilidades térmicas na biblioteca de materiais do programa e ainda as cores que se deseja que estes sejam representados. Estes materiais ficarão listados conforme é demonstrado na Figura 4.7.

Após a adição dos materiais que serão utilizados na elaboração da ligação, faz-se a correspondência destas camadas com os materiais que as compõe, selecionando-os através da lista disponível. Neste caso, estava a ser definida a camada de isolamento térmico interno da ligação em análise.

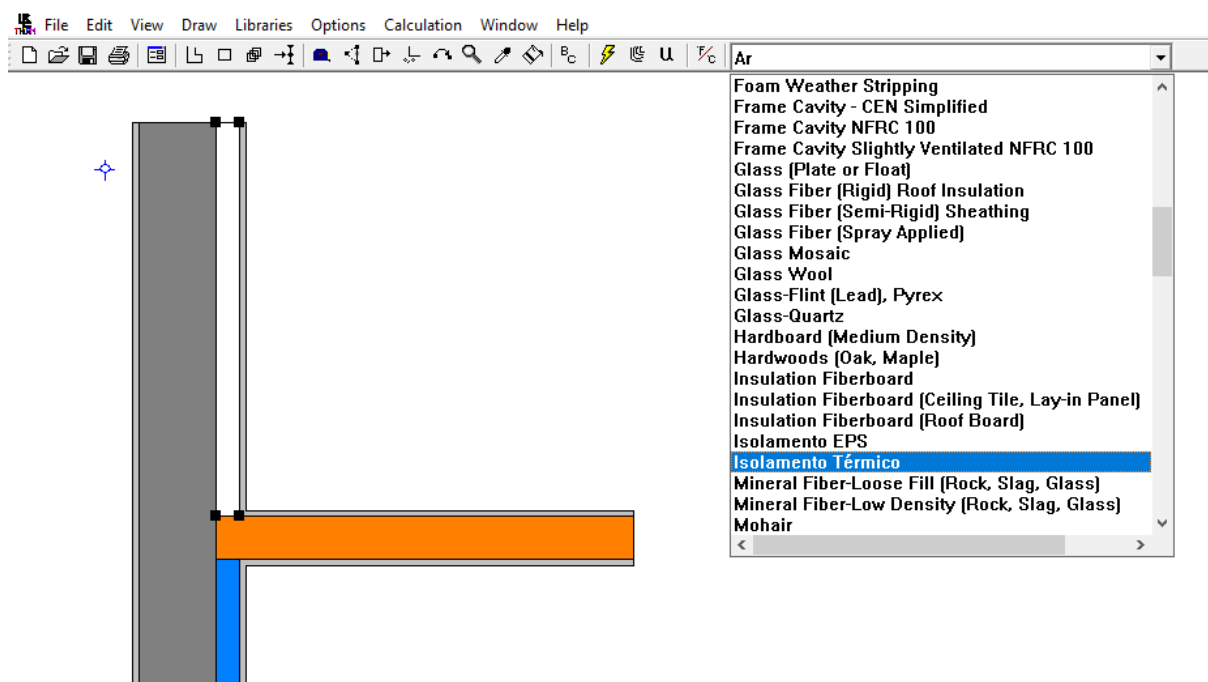


Figura 4.7 - Definição dos materiais que compõe a ligação.

A etapa seguinte é definir as condições de fronteira. Na Figura 4.8 é demonstrada a definição da condição de fronteira na parte interior da ligação representada pela cor verde-claro. É também nesta mesma etapa que se nomeia os fatores U, que serão úteis mais a frente para obtenção dos resultados.

Destaca-se que as resistências térmicas superficiais e temperaturas do ambiente exterior, interior e, caso exista, do local não aquecido adjacente são definidos previamente e adicionados na base de dados do *THERM*. Com isso, basta selecionar a condição de fronteira desejada e fazer a correspondência com a fronteira a qual ela pertence, conforme é demonstrado na Figura 4.8.

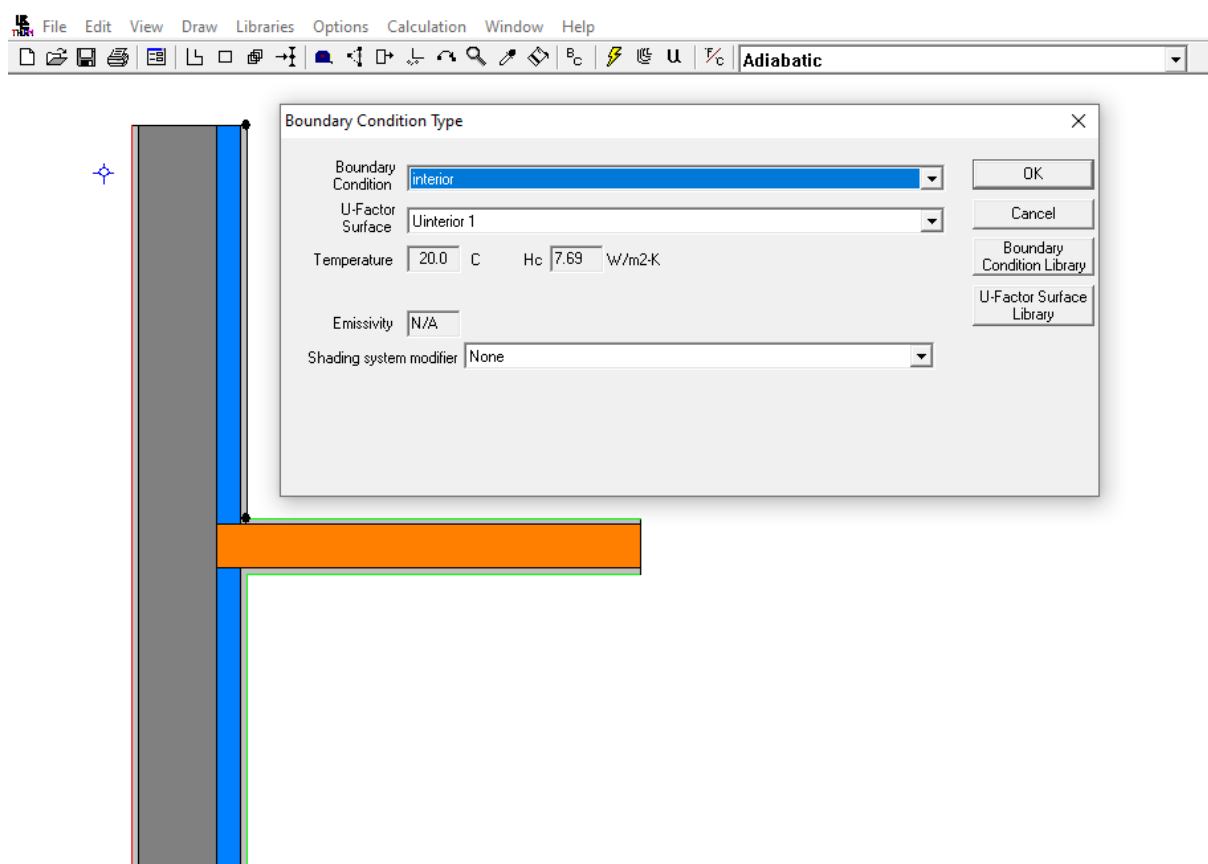


Figura 4.8 - Definição das condições de fronteira no *THERM*.

Finalmente, após executar a simulação do modelo, o utilizador obtém acesso a uma vasta gama de opções para análise de resultados. Dentre as opções disponíveis, o programa permite obter as isotérmicas da ligação, a distribuição de temperaturas da ligação, os coeficientes de transmissão térmica, entre outras possibilidades de análise térmica.

As opções citadas acima podem ser exploradas para verificar se não houve nenhum erro ou omissão durante a elaboração do pormenor construtivo. De modo a obter o ψ , tem de se recorrer aos resultados fornecidos na Tabela 4.1. A partir do fluxo de calor obtido pelo *THERM* e demonstrado nesta tabela, será possível calcular o ψ numa folha de cálculo. Para a ligação entre fachada e parede divisória detalhada neste capítulo, o fluxo total foi de 29.170 W.

Vale destacar que o utilizador pode nomear um ou mais fatores U da maneira que desejar, mas independentemente da escolha o fluxo total de calor que atravessa a superfície interna deve ser obviamente o mesmo que o fluxo total de calor que atravessa a superfície externa.

Tabela 4.1 - Resultados da análise térmica obtidos por meio do *THERM*.

| | U-factor W/m2-K | delta T C | Length mm | Rotation | | Heat Flow W |
|-------------|--------------------|--------------|--------------|----------|--------------|----------------|
| Uexterior 1 | 0.6815 | 20.0 | 2140 | N/A | Total Length | 29.1700 |
| Uinterior 1 | 0.5635 | 20.0 | 2140 | N/A | Total Length | 24.1180 |
| Uinterior 2 | 0.1263 | 20.0 | 2000 | N/A | Total Length | 5.0520 |

Display:
 U-factor
 R-value

% Error Energy Norm: 8.51%

Export
OK

Este processo de cálculo executado no *THERM* é finalizado neste ponto sendo então necessário criar uma folha de cálculo auxiliar de modo a obter o coeficiente de transmissão térmica linear da solução construtiva. Nesta folha de cálculo auxiliar pode optar-se por se determinar também o valor do coeficiente de transmissão térmica das zonas correntes, U , que será necessário para obter o valor de ψ . Nesta situação precisava-se do U da parede exterior apenas. Através da expressão 11 inserida na Tabela 4.2, o U é facilmente obtido em função das camadas e das características térmicas que já haviam sido definidas. É apropriado citar que o valor de U fornecido pelo *THERM* não foi utilizado por este apresentar influência da PT. Poder-se-ia desenhar um modelo somente com a parede exterior para obter o valor de U sem esta influência, porém, optou-se por fazer este cálculo no *Excel* usando a seguinte expressão:

$$U = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{e}{\lambda} + R_{si}} \quad (11)$$

Tabela 4.2 - Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior da ligação representada na Figura 4.1.

| Camadas: | Espessuras [m] | Espessuras [mm] | λ [W/m °C] | R_t [W/m² °C] |
|--|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| Revestimento exterior* | 0,015 | 15 | 1,3 | 0,0115 |
| Isolamento térmico* | 0,06 | 60 | 0,04 | 1,5000 |
| Parede em betão* | 0,2 | 200 | 2,300 | 0,0870 |
| Revestimento interior* | 0,015 | 15 | 1,3 | 0,0115 |
| Pano em alvenaria de tijolo (parede divisória) | 0,11 | 110 | 0,407 | 0,27 |
| * Utilizado no cálculo do U | U [W/m² °C] | | 0,562 | |

Finalmente insere-se o valor do fluxo de calor obtido pelo *THERM*, a diferença de temperatura interior e exterior, o valor de U obtido na Tabela 4.2 e o comprimento mínimo entre a PT e as extremidades (explicado em 2.5.2) numa tabela responsável pelo cálculo automático do ψ tendo como base a equação (9). Para a ligação detalhada neste capítulo, a Tabela 4.3 exhibe o resumo destes valores citados e o valor de ψ obtido que resultou em $0.335 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$ diferindo em apenas $0.010 \text{ W/(m } ^\circ\text{C)}$, quando comparado ao valor obtido pelo *UcanPsi*.

Tabela 4.3 - Resumo dos valores necessários para a obtenção do ψ .

| | |
|--|--------------|
| Fluxo de calor [W] | 29,1700 |
| ΔT [$^\circ\text{C}$] | 20,00 |
| U [$\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$] | 0,562 |
| Comprimento 1 [m] | 1,00 |
| Comprimento 2 [m] | 1,00 |
| Ψ [$\text{W/m } ^\circ\text{C}$] | 0,335 |

Como se pode notar, a realização do cálculo através do *THERM* é um processo mais trabalhoso e, uma vez verificado os programas, alguns dos 1424 cálculos foram somente realizados por meio do *UcanPsi*.

4.4 Inserção dos valores de ψ no Catálogo de Pontes Térmicas Lineares do Itecons

Uma vez obtido o valor do coeficiente de transmissão térmica linear para os diversos tipos de ligações, estes valores serão adicionados futuramente no Catálogo do Itecons. A título de exemplo, ainda para a mesma ligação entre fachada e parede divisória detalhada neste capítulo, será demonstrada uma simulação de como será introduzido este novo valor do ψ no catálogo.

A Figura 4.9 ilustra o aspeto do Catálogo *Online* do Itecons após a introdução do valor do ψ . O utilizador, caso estivesse interessado pela exata solução exemplificada neste capítulo, seleccionaria a referida ligação com uma parede divisória de 0.11 m e um isolamento térmico de 0.06 m e automaticamente obteria o valor de $0.34 \text{ W/(m } ^\circ\text{C)}$.

No caso específico deste exemplo, entre os valores de ψ obtidos pelo *THERM* e pelo *UcanPsi*, foi considerado o mais conservador, ou seja, $0.335 \text{ W/(m } ^\circ\text{C)}$. Este valor foi ainda arredondado com duas casas decimais, resultando em $0.34 \text{ W/(m } ^\circ\text{C)}$ que será o valor apresentado ao utilizador.

itecons 1 2 9 0 UNIVERSIDADE D COIMBRA Adene Agência para a Energia

Insira texto a pesquisar... PESQUISAR AJUDA • CONTACTOS

PAREDES PAVIMENTOS COBERTURAS VÃOS ENVIDRAÇADOS

Ca > Pa > Lig > Pa > Parede divisória em alvenaria de tijolo > Parede exterior em betão

Parede exterior em alvenaria de tijolo

Parede exterior em betão

NEWSLETTER

Exterior Interior Exterior Interior

Exterior Interior

Pormenor construtivo

Exterior Interior

TEMPERATURA

20
17,778
15,556
13,333
11,111
8,889
6,667
4,444
2,222
0

Perfil de temperaturas

DESCRIPÇÃO

Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em betão isolada pelo interior. Parede divisória em alvenaria de tijolo.

REFERÊNCIA

F.3.1.1.B

DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS

Espessura da parede divisória (m) 0,11

Espessura da camada de isolamento (m) 0,06

VALOR DE Ψ [W/(M.°C)]

0,34

Imprimir esta solução

© 2011

ITeCons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências de Construção

ADENE - Agência para a Energia

fior de utopia

Figura 4.9 - Representação do Catálogo online do Itecons após adição de um novo valor de ψ (Adaptado de Itecons, 2011b).

4.5 Resumo dos cálculos realizados para as diferentes soluções

Para se ter uma boa perspectiva de quais pormenores construtivos foram analisados e ainda obter-se um bom entendimento da melhora em termos térmicos destas soluções ocasionada pela adição de uma maior espessura de isolamento térmico, é exposto nas Figura 4.10, Figura 4.11, Figura 4.12, Figura 4.13 e Figura 4.14 resumos das informações necessárias.

É válido referir que a melhoria percentual destacada nas figuras mencionadas acima é referente apenas aos valores extremos de espessura de isolamento térmico, ou seja, é possível ter-se o conhecimento da evolução térmica das soluções quando se incrementa o isolamento de 3 cm de espessura para 12 cm.

| Pormenor construtivo | Descrição | Análise térmica | | |
|----------------------|--|---|---|-------------------|
| | Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em alvenaria de tijolo isolada pelo exterior. Parede divisória em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede divisória (m) 0,10 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,089 0,035 | Redução de -60,7% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | Redução de -59,1% |
| | Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em alvenaria de tijolo isolada pelo interior. Parede divisória em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede divisória (m) 0,10 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,172 0,137 | Redução de -20,3% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | Redução de -14,0% |
| | Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão leve isolada pelo exterior. Parede divisória em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede divisória (m) 0,10 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,092 0,035 | Redução de -62,0% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | Redução de -59,7% |
| | Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão leve isolada pelo interior. Parede divisória em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede divisória (m) 0,10 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,226 0,207 | Redução de -8,4% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | Redução de -10,2% |

Figura 4.10 – Tabela com o resumo dos pormenores construtivos analisados da ligação de fachada com parede divisória.

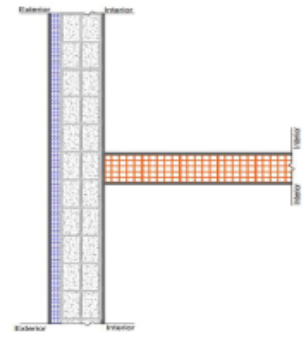
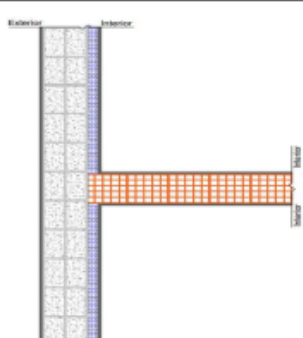
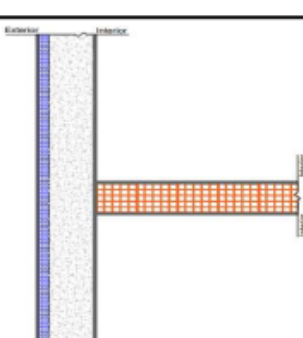
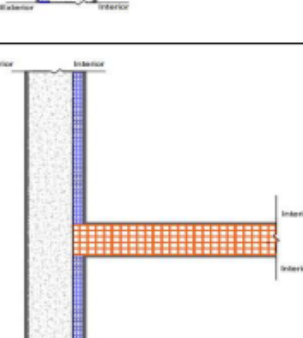
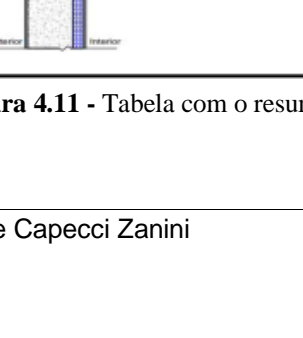

| Pormenor construtivo | Descrição | Análise térmica | | |
|---|--|---|---|---------------------|
|  | Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão normal isolada pelo exterior. Parede divisória em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede divisória (m) 0,10 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,106 0,037 | Redução de → -65,1% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | |
|  | Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão normal isolada pelo interior. Parede divisória em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede divisória (m) 0,25 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,215 0,079 | Redução de → -63,3% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | |
|  | Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão normal isolada pelo exterior. Parede divisória em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede divisória (m) 0,10 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,313 0,255 | Redução de → -18,5% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | |
|  | Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão normal isolada pelo interior. Parede divisória em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede divisória (m) 0,25 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,505 0,419 | Redução de → -17,0% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | |
|  | Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em betão isolada pelo exterior. Parede divisória em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede divisória (m) 0,10 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,125 0,039 | Redução de → -68,8% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | |
|  | Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em betão isolada pelo interior. Parede divisória em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede divisória (m) 0,25 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,253 0,083 | Redução de → -67,2% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | |
| | Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em betão isolada pelo exterior. Parede divisória em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede divisória (m) 0,10 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,354 0,201 | Redução de → -43,2% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | |
| | Ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em betão isolada pelo interior. Parede divisória em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede divisória (m) 0,25 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,642 0,43 | Redução de → -33,0% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | |

Figura 4.11 - Tabela com o resumo dos pormenores construtivos analisados da ligação de fachada com parede divisória (continuação).

| Pormenor construtivo | Descrição | Análise térmica | | |
|----------------------|--|---|---|---------------------|
| | Ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo interior e pilar na zona do cunhal. Paredes em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede de alvenaria de tijolo (m) 0,10 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,051 0,029 | Redução de → -43,1% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | Redução de → -57,9% |
| | Ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo exterior e pilar na zona do cunhal. Paredes em alvenaria de tijolo. | Espessura da parede de alvenaria de tijolo (m) 0,10 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,145 0,073 | Redução de → -49,7% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | Redução de → -48,4% |
| | Ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo exterior e pilar a zona do cunhal. Paredes em blocos de betão normal. | Espessura da parede de blocos de betão normal (m) 0,10 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,156 0,076 | Redução de → -51,3% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | Redução de → -50,6% |
| | Ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo exterior e pilar a zona do cunhal. Paredes em blocos de betão leve. | Espessura da parede de blocos de betão leve (m) 0,10 | Espessura do isolamento térmico (cm) 3 12 0,145 0,073 | Redução de → -49,7% |
| | | ψ (W/(m.°C)) | | Redução de → -47,1% |

Figura 4.12 - Tabela com o resumo dos pormenores construtivos analisados da ligação entre duas fachadas.

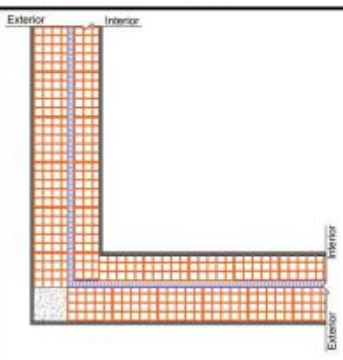
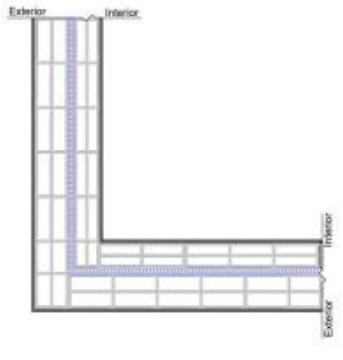
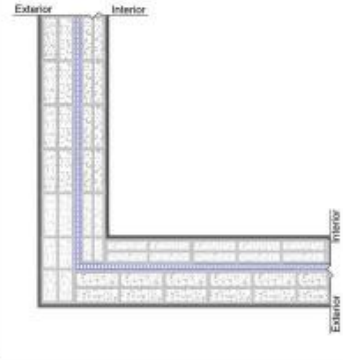
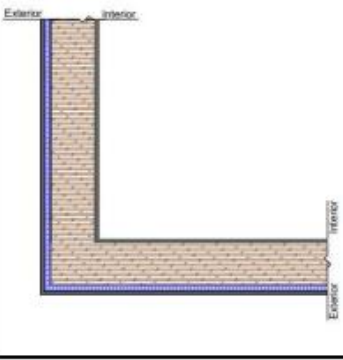
| Pormenor construtivo | Descrição | Análise térmica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--------------------------------------|------------|-------------|--------|-------------|---|-------|-------|-------|-------|--------------------------------|--|--------------------------------|--|--|--|--|
|  | Ligações entre duas paredes verticais. Paredes em alvenaria de tijolo com pilar na zona do cunhal e isolamento repartido contínuo. | <table border="1"> <tr> <td>Espessura da parede dupla de alvenaria de tijolo (m)</td> <td colspan="2">Espessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-42,4%</td> </tr> <tr> <td>0,11 + 0,11</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,118</td> <td>0,068</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.²C))</td> </tr> </table> | Espessura da parede dupla de alvenaria de tijolo (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -42,4% | 0,11 + 0,11 | 3 | 12 | | 0,118 | 0,068 | | | ψ (W/(m. ² C)) | | | | |
| | | Espessura da parede dupla de alvenaria de tijolo (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | | | -42,4% | | | | | | | | | | | | |
| 0,11 + 0,11 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,118 | 0,068 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m. ² C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Espessura da parede dupla de alvenaria de tijolo (m)</td> <td colspan="2">Espessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-45,2%</td> </tr> <tr> <td>0,20 + 0,11</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,124</td> <td>0,068</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.²C))</td> </tr> </table> | Espessura da parede dupla de alvenaria de tijolo (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -45,2% | 0,20 + 0,11 | 3 | 12 | | 0,124 | 0,068 | | | ψ (W/(m. ² C)) | | | | | | |
| Espessura da parede dupla de alvenaria de tijolo (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | | | -45,2% | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,20 + 0,11 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,124 | 0,068 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m. ² C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Ligações entre duas fachadas com caixa-de-ar totalmente preenchida por isolamento térmico. Paredes duplas em betão leve. | <table border="1"> <tr> <td>Espessura da parede dupla de betão leve (m)</td> <td colspan="2">Espessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-40,9%</td> </tr> <tr> <td>0,11 + 0,11</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,115</td> <td>0,068</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.²C))</td> </tr> </table> | Espessura da parede dupla de betão leve (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -40,9% | 0,11 + 0,11 | 3 | 12 | | 0,115 | 0,068 | | | ψ (W/(m. ² C)) | | | | |
| | | Espessura da parede dupla de betão leve (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | | | -40,9% | | | | | | | | | | | | |
| 0,11 + 0,11 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,115 | 0,068 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m. ² C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Espessura da parede dupla de betão leve (m)</td> <td colspan="2">Espessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-41,7%</td> </tr> <tr> <td>0,20 + 0,11</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,115</td> <td>0,067</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.²C))</td> </tr> </table> | Espessura da parede dupla de betão leve (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -41,7% | 0,20 + 0,11 | 3 | 12 | | 0,115 | 0,067 | | | ψ (W/(m. ² C)) | | | | | | |
| Espessura da parede dupla de betão leve (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | | | -41,7% | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,20 + 0,11 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,115 | 0,067 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m. ² C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Ligações entre duas fachadas com caixa-de-ar totalmente preenchida por isolamento térmico. Paredes duplas em betão normal. | <table border="1"> <tr> <td>Espessura da parede dupla de betão normal (m)</td> <td colspan="2">Espessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-46,5%</td> </tr> <tr> <td>0,11 + 0,11</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,142</td> <td>0,076</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.²C))</td> </tr> </table> | Espessura da parede dupla de betão normal (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -46,5% | 0,11 + 0,11 | 3 | 12 | | 0,142 | 0,076 | | | ψ (W/(m. ² C)) | | | | |
| | | Espessura da parede dupla de betão normal (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | | | -46,5% | | | | | | | | | | | | |
| 0,11 + 0,11 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,142 | 0,076 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m. ² C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Espessura da parede dupla de betão normal (m)</td> <td colspan="2">Espessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-47,6%</td> </tr> <tr> <td>0,20 + 0,11</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,143</td> <td>0,075</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.²C))</td> </tr> </table> | Espessura da parede dupla de betão normal (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -47,6% | 0,20 + 0,11 | 3 | 12 | | 0,143 | 0,075 | | | ψ (W/(m. ² C)) | | | | | | |
| Espessura da parede dupla de betão normal (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | | | -47,6% | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,20 + 0,11 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,143 | 0,075 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m. ² C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Ligações entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo exterior. Paredes em madeira. | <table border="1"> <tr> <td>Espessura do pano em madeira (m)</td> <td colspan="2">Espessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-29,7%</td> </tr> <tr> <td>0,10</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,064</td> <td>0,045</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.²C))</td> </tr> </table> | Espessura do pano em madeira (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -29,7% | 0,10 | 3 | 12 | | 0,064 | 0,045 | | | ψ (W/(m. ² C)) | | | | |
| | | Espessura do pano em madeira (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | | | -29,7% | | | | | | | | | | | | |
| 0,10 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,064 | 0,045 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m. ² C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Espessura do pano em madeira (m)</td> <td colspan="2">Espessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-20,3%</td> </tr> <tr> <td>0,15</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,069</td> <td>0,055</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.²C))</td> </tr> </table> | Espessura do pano em madeira (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -20,3% | 0,15 | 3 | 12 | | 0,069 | 0,055 | | | ψ (W/(m. ² C)) | | | | | | |
| Espessura do pano em madeira (m) | Espessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | | | -20,3% | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,15 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,069 | 0,055 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m. ² C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 4.13 - Tabela com o resumo dos pormenores construtivos analisados da ligação entre duas fachadas (continuação).

| Pormenor construtivo | Descrição | Análise térmica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|-------------------------------------|------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------|------------|--------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------|-------------------|--|-------------------|--|--|--|--|
| | Ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples com isolamento contínuo pelo exterior. | <table border="1"> <tr> <td>Esessura da laje (m)</td> <td colspan="2">Esessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-69,0%</td> </tr> <tr> <td>0,15</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,232</td> <td>0,072</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.°C))</td> </tr> </table> | Esessura da laje (m) | Esessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -69,0% | 0,15 | 3 | 12 | | 0,232 | 0,072 | | | ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | |
| | | Esessura da laje (m) | Esessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | | | -69,0% | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,15 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 0,232 | 0,072 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Esessura da laje (m)</td> <td colspan="2">Esessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-68,4%</td> </tr> <tr> <td>0,35</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,418</td> <td>0,132</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.°C))</td> </tr> </table> | Esessura da laje (m) | Esessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -68,4% | 0,35 | 3 | 12 | | 0,418 | 0,132 | | | ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | |
| Esessura da laje (m) | Esessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | | | -68,4% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,35 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,418 | 0,132 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior. | <table border="1"> <tr> <td colspan="5">Esessura da alvenaria de tijolo = 22 cm</td> </tr> <tr> <td>Esessura da laje (m)</td> <td colspan="2">Esessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-12,6%</td> </tr> <tr> <td>0,15</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,712</td> <td>0,622</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.°C))</td> </tr> </table> | Esessura da alvenaria de tijolo = 22 cm | | | | | Esessura da laje (m) | Esessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -12,6% | 0,15 | 3 | 12 | | 0,712 | 0,622 | | | ψ (W/(m.°C)) | | | | |
| | | Esessura da alvenaria de tijolo = 22 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Esessura da laje (m) | Esessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -12,6% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,15 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,712 | 0,622 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td colspan="5">Esessura da alvenaria de tijolo = 22 cm</td> </tr> <tr> <td>Esessura da laje (m)</td> <td colspan="2">Esessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-11,2%</td> </tr> <tr> <td>0,35</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,269</td> <td>1,127</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.°C))</td> </tr> </table> | Esessura da alvenaria de tijolo = 22 cm | | | | | Esessura da laje (m) | Esessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -11,2% | 0,35 | 3 | 12 | | 1,269 | 1,127 | | | ψ (W/(m.°C)) | | | | | | |
| Esessura da alvenaria de tijolo = 22 cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Esessura da laje (m) | Esessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -11,2% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,35 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1,269 | 1,127 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ligação entre fachada e pavimento exterior isolada pelo interior com parede simples em alvenaria de tijolo. | <table border="1"> <tr> <td>Esessura da laje (m)</td> <td colspan="2">Esessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-52,3%</td> </tr> <tr> <td>0,15</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,088</td> <td>0,042</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.°C))</td> </tr> </table> | Esessura da laje (m) | Esessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -52,3% | 0,15 | 3 | 12 | | 0,088 | 0,042 | | | ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | |
| | | Esessura da laje (m) | Esessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | | | -52,3% | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0,15 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 0,088 | 0,042 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Esessura da laje (m)</td> <td colspan="2">Esessura do isolamento térmico (cm)</td> <td rowspan="2">Redução de</td> <td rowspan="2">-55,7%</td> </tr> <tr> <td>0,35</td> <td>3</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,097</td> <td>0,043</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">ψ (W/(m.°C))</td> </tr> </table> | Esessura da laje (m) | Esessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | -55,7% | 0,35 | 3 | 12 | | 0,097 | 0,043 | | | ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | |
| Esessura da laje (m) | Esessura do isolamento térmico (cm) | | Redução de | | | -55,7% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,35 | 3 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,097 | 0,043 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ψ (W/(m.°C)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 4.14 - Tabela com o resumo dos pormenores construtivos analisados da ligação de fachada com pavimento.

Conforme demonstrado nas tabelas acima, foram realizados cálculos do ψ de muitas soluções construtivas com a variação de diversos parâmetros com o objetivo de complementar o Catálogo do Itecons. O restante dos resultados dos valores de ψ obtidos para as espessuras intermédias, ou seja, espessuras de isolamento térmico entre 3 cm e 12 cm estão disponíveis no ANEXO A .

5. CÁLCULO DE PONTES TÉRMICAS LINEARES EM PORTAS

5.1 Introdução

Os fabricantes de portas têm, por vezes, a necessidade de realizar o cálculo térmico de centenas de modelos de portas (combinação entre diferentes espessuras dos painéis opacos, acabamentos, inserção de vidro com várias opções de área, composição e espessura). Este tipo de serviço impõe que se compreenda o impacto de cada uma das variáveis no cálculo global do comportamento térmico.

A estratégia, neste cenário, passou por agrupar os modelos de portas que apresentavam características térmicas semelhantes para, desta forma, se dispensar o cálculo térmico individual de todos os modelos desde que se garantisse a similaridade de resultados.

Os modelos de portas disponibilizados para a análise térmica apresentavam todos 0.9 m de largura por 2.1 m de altura resultando numa área de 1.89 m². É expectável que algumas variáveis conduzam a diferenças térmicas significativas entre modelos de portas. Outras variáveis podem não conduzir a diferenças relevantes, mas terá de se verificar a possibilidade de as ignorar.

Estas variáveis são a espessura do painel, a espessura da chapa de alumínio, pequenas alterações da área de vidro e a presença ou ausência de elementos decorativos conforme exemplificado na Figura 5.1.

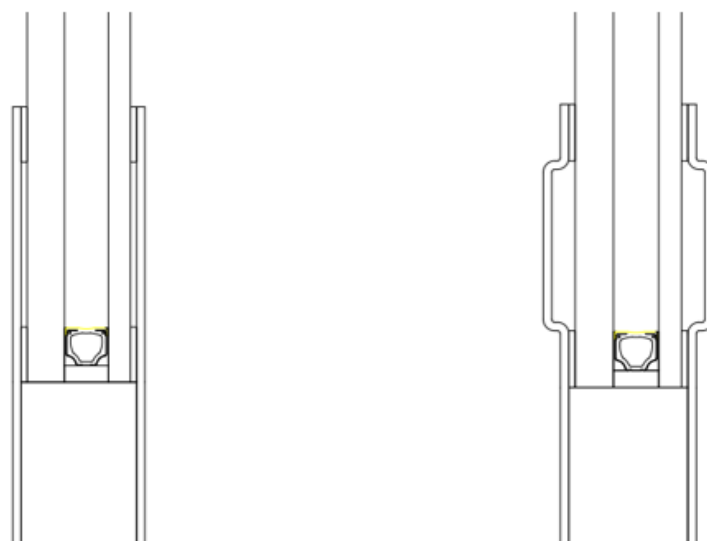


Figura 5.1 – Pormenor de um modelo de porta sem elemento decorativo (esq.) e com elemento decorativo (dir.).

5.2 Cálculo térmico

Com a finalidade de obter o coeficiente de transmissão térmica do painel opaco em conjunto com o vidro, $U_{\text{PainelGlobal}}$, foi necessário calcular alguns outros coeficientes. Neste capítulo será demonstrado, de forma genérica, os processos realizados para os cálculos referidos.

Primeiramente, deve-se obter as informações referentes ao vidro que será utilizado através da respectiva ficha técnica. Para este trabalho, o fabricante enviou apenas a configuração do vidro desejada quando a espessura do painel fosse de 24 mm (Figura 5.2) que possui as dimensões expostas na Tabela 5.1, além de um coeficiente de transmissão térmica (U_g) de 3.1 W/(m²K).

Para outras espessuras de painel, foram utilizadas configurações de vidro ligeiramente diferentes. Porém, o U_g foi sempre próximo de 3.1 W/(m²K).

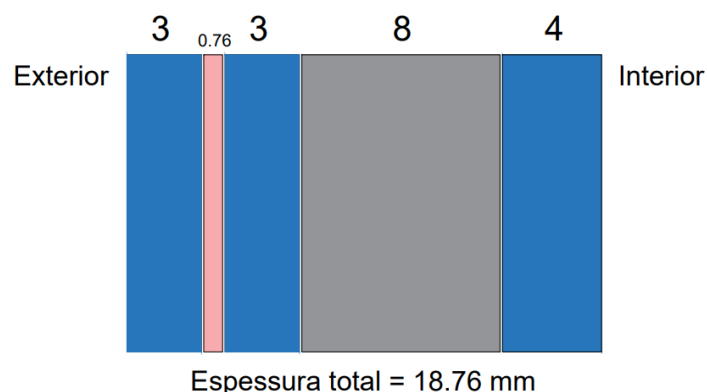


Figura 5.2 – Configuração do vidro duplo utilizado para um painel de 24 mm e as respectivas espessuras das camadas que a compõe.

Tabela 5.1 – Composição das camadas do vidro.

| Pano 1 | | Pano 2 | | Caixa de ar | |
|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| Espessura (mm) | Materiais | Espessura (mm) | Materiais | Espessura (mm) | Materiais |
| 3 | Vidro | 4 | Vidro | 8 | Ar |
| 0,76 | Membrana | - | - | - | - |
| 3 | Vidro | - | - | - | - |

Com o auxílio de uma tabela baseada na equação 12 e elaborada no *Excel*, retirou-se o valor da condutibilidade térmica da caixa-de-ar que seria preciso mais tarde para obter o ψ no programa *BISCO*.

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \frac{Esp.Vidro\ 1}{\lambda} + \frac{Esp.Vidro\ 2}{\lambda} + \frac{Esp.caixa\ de\ ar\ 1}{\lambda e_{qu}} + R_{si}} \quad (12)$$

O passo subsequente consistiu em calcular o coeficiente de transmissão térmica do painel opaco, U_p , através da equação (13).

$$U_p = \frac{1}{R_{se} + \frac{Esp.material\ 1}{\lambda_1} + \frac{Esp.material\ 2}{\lambda_2} + \frac{Esp.material\ 3}{\lambda_3} + R_{si}} \quad (13)$$

A etapa seguinte resumiu-se à obtenção do coeficiente de transmissão térmica linear existente na ligação entre o painel e o vidro recorrendo ao programa *BISCO*. Em síntese, no menu principal do *BISCO* são abertas 5 janelas conforme demonstrado na Figura 5.3 em que na janela 1 é representado o desenho do pormenor elaborado no *AutoCad* e já convertido para formato *Bitmap* onde é possível visualizar detalhadamente a solução. A janela 2 tem a função de fornecer algumas informações ao utilizador como a largura, a altura e a área de cada camada além de outros dados.

A janela 3 é responsável pela definição das dimensões referentes ao painel opaco e ao vidro. A janela 4 permite introduzir o valor do U_g e do U_p (já calculados anteriormente) e, por fim, é na janela 5 que é possível preencher os valores das condutibilidades térmicas dos materiais assim como da caixa-de-ar, calculadas com a equação 12, além de ser possível visualizar outras propriedades térmicas.

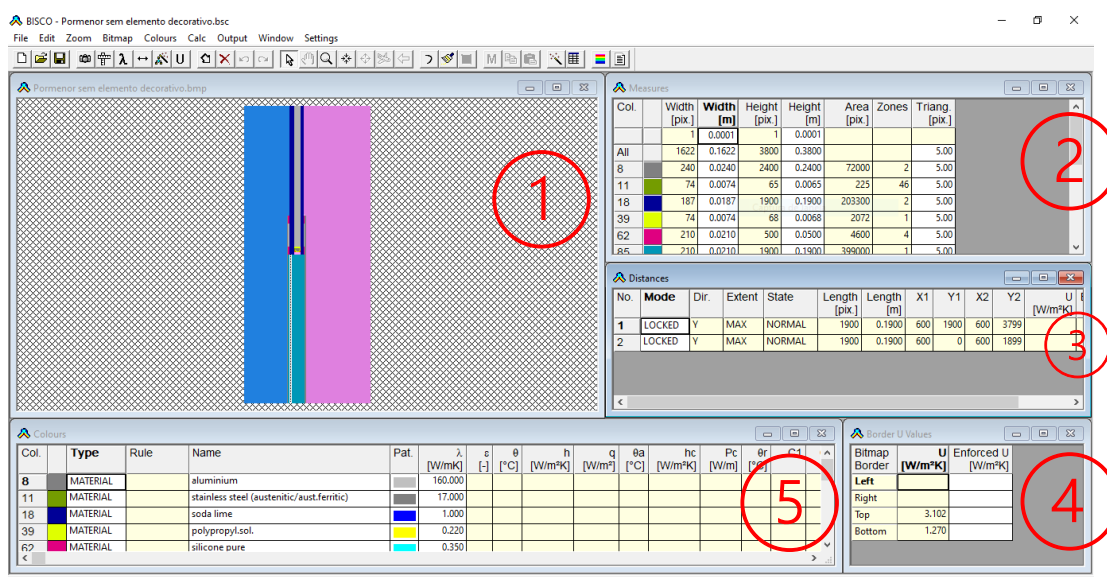


Figura 5.3 - Menu principal do *BISCO*.

Sabendo que, para o cálculo do $U_{\text{PainelGlobal}}$, se deve usar a equação (14), é necessário utilizar as dimensões da porta (Figura 5.4), da área do painel, A_p , da área de vidro, A_g e do perímetro do vidro, L_g . Juntam-se a estes dados, o coeficiente de transmissão térmica do painel, U_p , o coeficiente de transmissão térmica do vidro, U_g e o coeficiente de transmissão térmica linear do vidro, ψ_g .

$$U_{\text{PainelGlobal}} = \frac{\sum A_p * U_p + A_g * U_g + \psi_g * L_g}{\sum A_p + A_g} \quad (14)$$

A área do vidro poderia ter infinitas formas diferentes e por questões de simplificação foi considerada que esta área estava inserida num formato quadrangular na porta, conforme a imagem de um modelo genérico representado na Figura 5.4.

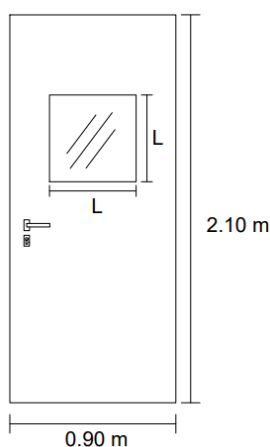


Figura 5.4 – Representação esquemática do painel de porta (dimensões globais e representação da dimensão variável do vidro).

5.3 Resultados da análise térmica dos modelos de portas

5.3.1 Cálculos para os modelos solicitados pelo cliente

Os vários modelos de porta que foram necessários avaliar, diferenciavam-se por conta da existência de algumas variáveis que poderiam fazer com que o comportamento térmico fosse afetado. Sabendo que as variáveis levadas em consideração foram a espessura do painel, a espessura da chapa de alumínio, a área de vidro e a possível presença de elementos decorativos, foram realizados inúmeros cálculos seguindo o processo descrito na subsecção 5.2 e que foram agrupados na Tabela 5.2. Para melhor visualização e entendimento na tabela referida, é válido citar que os valores nas células destacados a vermelho dizem respeito as portas sem elemento decorativo enquanto os valores das células a verde representam as portas com elemento decorativo.

Tabela 5.2 – Valores do U_P e do $U_{\text{PainelGlobal}}$ para os diferentes grupos de portas.

| Esp. Painel (mm) | Esp. Chapas alu (mm) | Área de vidro (m ²) | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|---------------------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 0 | 0 (Arredonda-do) | 0,0 - 0,1 | 0,1 - 0,2 | 0,2 - 0,3 | 0,3 - 0,4 | 0,4 - 0,5 | 0,5 - 0,6 | 0,6 - 0,7 | 0,7 - 0,9 |
| 20 | 1,5 | 1,492 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,4 |
| | 1,7 | 1,519 | 1,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 20 | 1,5 | 1,492 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2 | 2,1 | 2,2 | 2,4 |
| | 1,7 | 1,519 | 1,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 24 | 1,5 | 1,270 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,3 |
| | 1,7 | 1,289 | 1,3 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 24 | 1,5 | 1,270 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,3 |
| | 1,7 | 1,289 | 1,3 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 28 | 1,5 | 1,105 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,1 |
| | 1,7 | 1,119 | 1,1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 28 | 1,5 | 1,105 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,1 |
| | 1,7 | 1,119 | 1,1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 32 | 1,5 | 0,978 | 0,98 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,9 | 2,1 |
| | 1,7 | 0,989 | 0,99 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 32 | 1,5 | 0,978 | 0,98 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,9 | 2,1 |
| | 1,7 | 0,989 | 0,99 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 36 | 1,5 | 0,877 | 0,88 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 1,8 | 2,0 |
| | 1,7 | 0,886 | 0,89 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 36 | 1,5 | 0,877 | 0,88 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 2,0 |
| | 1,7 | 0,886 | 0,89 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 40 | 1,5 | 0,795 | 0,80 | 0,95 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,9 |
| | 1,7 | 0,802 | 0,80 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 40 | 1,5 | 0,795 | 0,80 | 0,95 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,9 |
| | 1,7 | 0,802 | 0,80 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

U_P [W/(m²K)]

$U_{\text{PainelGlobal}}$ [W/(m²K)]

Conforme é possível notar na Tabela 5.2 variou-se a espessura do painel, a espessura das chapas de alumínio, a área de vidro, a presença ou ausência de elemento decorativo e manteve-se o tipo de vidro e o tipo de espaçador térmico inserido na caixa-de-ar.

Através da análise da tabela, verifica-se que alterar a espessura das chapas de 1.5 mm para 1.7 mm (foram utilizados apenas estes dois valores de espessura, de acordo com as indicações do fabricante) não afeta as soluções em termos térmicos de modo significativo. Além disso, como os valores devem ser arredondados a dois algarismos significativos, a alteração da espessura é negligenciável. A presença ou ausência de elementos decorativos para estes casos, também se mostram irrelevantes, já que os valores de ψ obtidos pelo *BISCO* são sempre muito próximos.

Por outro lado, ao alterar a espessura do painel verifica-se um grande impacto no comportamento térmico das portas analisadas. As variações da área de vidro também têm um impacto significativo. E, para o valor de U_g de 3.1 W/(m²K), regista-se que maiores áreas de vidro conduzem a soluções térmicas piores das respectivas portas.

A configuração dos modelos de portas utilizada no cálculo térmico seguiu os interesses do fabricante, ou seja, a espessura do painel e das chapas, as áreas de vidro, o tipo de vidro e a presença ou não de elemento decorativo foram características definidas pelo

próprio. Entretanto, destaque-se que o vidro selecionado apresentava um comportamento térmico ($U_g = 3.1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) muito inferior ao painel ($U_p = 1.3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Portanto, conclui-se que pode haver interesse em procurar soluções de vidro termicamente melhores.

Com a finalidade de demonstrar o impacto da solução de vidro, foram realizados novos cálculos para diferentes tipos de vidros e que se apresentam nas subsecções seguintes.

5.3.2 Cálculos para modelos de porta com vidro melhorado termicamente (com variação da espessura do vidro)

Com auxílio de uma calculadora de desempenho de vidros desenvolvida pela Guardian Glass (Guardianglass, 2022), foi obtido um novo valor de U_g para um vidro melhorado termicamente. A Figura 5.5 demonstra novamente a configuração do vidro para uma espessura do painel de 24 mm, com a diferença de que foi adicionado uma película SunGuard® SNX 50 e a caixa-de-ar foi preenchida com 10% de ar e 90% do gás nobre argon, conforme demonstrado na Figura 5.5 e na Tabela 5.3. A solução passou então a ter um U_g de $1.6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, ou seja, termicamente muito superior à solução anterior sendo que a adição desta película e do gás argon foi realizada para todas as outras soluções de vidros que por sua vez foram utilizados nos painéis de diferentes espessuras.

Películas como a SunGuard® SNX 50 ajudam a reduzir os custos energéticos ao limitar a necessidade de iluminação artificial, ar condicionado e aquecimento além de serem praticamente transparentes e possuir baixo reflexo, também proporcionam um isolamento térmico ideal quando utilizados em vidros duplos e tornam a solução muito mais eficaz termicamente (GUARDIAN Industries Corp., 2022).

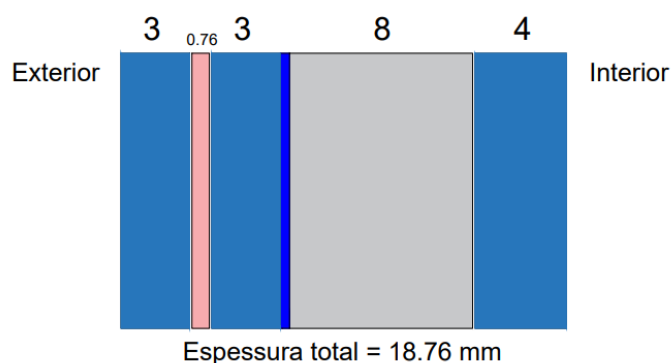


Figura 5.5 – Nova configuração do vidro utilizada para um painel de 24 mm.

Tabela 5.3 - Composição das camadas do vidro obtida através da calculadora de desempenho de vidros da Guardian Glass para o painel de 24 mm (Adaptado de Guardianguass, 2022).

| | | Exterior | |
|---|--|------------------|--------------------------|
| FOLHA 1 | Guardian ExtraClear (CE) Espessura = 3 mm | #1 ---- | #2 ---- |
| PVB 1 | PVB Clear 0.76mm (CE) | | |
| FOLHA 2 | Guardian ExtraClear (CE) Espessura = 3 mm | #3 ---- | #4 SunGuard® SNX 50 (CE) |
| CAIXA 1 | 10% Ar, 90% Argon, 8 mm (.315") | | |
| FOLHA 3 | Guardian ExtraClear (CE) Espessura = 4 mm | #5 ---- | #6 ---- |
| Total Unit (Nominal) = 23/32 pol / 18,762 mm | | Inclinação = 90° | |
| PESO NOMINAL ESTIMADO DA COMPOSIÇÃO: 24,6 kg/m ² | | | |
| | | Interior | |

Após a substituição do tipo de vidro nos diferentes modelos de porta, os cálculos descritos em 5.2 foram todos refeitos para obter os valores apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Valores do U_P e do $U_{\text{PainelGlobal}}$ para os diferentes grupos de portas com vidro melhorado termicamente.

| Esp. Painel (mm) | Esp. Chapas alu (mm) | Área de vidro (m ²) | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|---------------------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 0 | 0 (Arredonda-do) | 0,0 - 0,1 | 0,1 - 0,2 | 0,2 - 0,3 | 0,3 - 0,4 | 0,4 - 0,5 | 0,5 - 0,6 | 0,6 - 0,7 | 0,7 - 0,9 |
| 20 | 1,5 | 1,492 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 |
| | 1,7 | 1,519 | 1,5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 20 | 1,5 | 1,492 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 |
| | 1,7 | 1,519 | 1,5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 24 | 1,5 | 1,270 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,7 |
| | 1,7 | 1,289 | 1,3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 24 | 1,5 | 1,270 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,7 |
| | 1,7 | 1,289 | 1,3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | 1,5 | 1,105 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 |
| | 1,7 | 1,119 | 1,1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | 1,5 | 1,105 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 |
| | 1,7 | 1,119 | 1,1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 32 | 1,5 | 0,978 | 0,98 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,5 |
| | 1,7 | 0,989 | 0,99 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 32 | 1,5 | 0,978 | 0,98 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,5 |
| | 1,7 | 0,989 | 0,99 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 36 | 1,5 | 0,877 | 0,88 | 0,98 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,4 |
| | 1,7 | 0,886 | 0,89 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 36 | 1,5 | 0,877 | 0,88 | 0,98 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,4 |
| | 1,7 | 0,886 | 0,89 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 40 | 1,5 | 0,795 | 0,80 | 0,90 | 0,97 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |
| | 1,7 | 0,802 | 0,80 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 40 | 1,5 | 0,795 | 0,80 | 0,90 | 0,97 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |
| | 1,7 | 0,802 | 0,80 | - | - | - | - | - | - | - | - |

U_p [W/(m²K)]
 $U_{\text{PainelGlobal}}$ [W/(m²K)]

Apesar da diferente configuração de vidro utilizada, mantêm-se as conclusões já referidas anteriormente, ou seja, a alteração da espessura das chapas de 1.5 mm para 1.7 mm é indiferente em termos térmicos. A presença ou ausência de elementos decorativos para estes casos, também apresentam uma variação insignificante.

Para proporcionar ainda mais sugestões ao cliente, o processo foi mais uma vez repetido, porém, desta vez utilizou-se um vidro que apresenta excelente comportamento térmico com U_g de aproximadamente igual a $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sendo válido citar ser evidente que esta sugestão eleva ainda mais o preço final da solução, algo que, muitas vezes, não é interesse do cliente. A tabela com os resultados térmicos para os grupos de portas com um vidro ainda melhor termicamente, está demonstrada na Tabela B.1.

5.3.3 Cálculos para modelos de porta com vidro melhorado termicamente (com variação da caixa-de-ar)

Nas subsecções 5.3.1 e 5.3.2 a configuração do vidro utilizada para o painel de 24 mm foi especificada pelo fabricante, já os vidros para os demais painéis foram alterados de forma que o U_g permanecesse praticamente constante. Essa alteração realizada consistiu em aumentar as espessuras dos vidros, mantendo-se a espessura da caixa-de-ar. Manter a caixa-de-ar constante e aumentar apenas a espessura do vidro são soluções realistas principalmente para painéis de espessuras inferiores, porém quando se considera painéis de maiores dimensões como os de 36 mm ou 40 mm, é necessário adicionar espessuras de vidro exageradas tornando a solução mais custosa.

Aumentar a dimensão da caixa-de-ar em oposição a espessura dos vidros faz com que a solução apresente maior sustentabilidade e um menor preço, afinal uma menor quantidade de material é utilizada na sua fabricação. É por estas razões principais que estes tipos de vidros com caixas-de-ar maiores são mais comuns no mercado. Tendo em atenção esta maior importância, foi novamente realizado os cálculos do $U_{\text{PainelGlobal}}$, entretanto manteve-se, de modo geral, a espessura do vidro inalterada aumentando-se apenas a espessura da caixa-de-ar.

Um dos objetivos em manter-se o U_g constante nas análises realizadas anteriormente, era perceber qual era a influência da espessura do painel, afinal, ao tornar o U_g constante o desempenho térmico da solução passa a não ter interferência do tipo de vidro facilitando desta forma a avaliação da influência da espessura do painel. Uma vez que as conclusões relativas à influência das variáveis no desempenho térmico das soluções já foram realizadas nas subsecções 5.3.1 e 5.3.2, pretende-se nesta subsecção, realizar cálculos térmicos com vidros mais comuns no mercado.

Primeiramente foram realizados cálculos para vidros em que o U_g ainda era elevado, e posteriormente estes vidros foram melhorados termicamente através da adição de películas SunGuard® e de gases nobres sendo que os resultados estão demonstrados na Tabela B.2 e Tabela B.3 respectivamente.

5.3.4 Discussão dos resultados

Na Figura 5.6 é ilustrado o resumo dos valores do $U_{\text{PainelGlobal}}$ para espessuras extremas de painel e de área de vidro (para portas sem elemento decorativo), além de estar quantificada a melhoria no desempenho térmico da solução quando se altera para um vidro melhorado termicamente. É válido citar que o vidro 1 se refere às soluções envidraçadas com $U_g \approx 3.1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, o vidro 2 refere-se às soluções envidraçadas com $U_g \approx 1.6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ e o vidro 3 refere-se às soluções envidraçadas com $U_g \approx 0.9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Os valores intermediários do $U_{\text{PainelGlobal}}$ para o vidro 1, vidro 2 e vidro 3 estão demonstrados na Tabela 5.2, Tabela 5.4 e Tabela B.1 respectivamente.

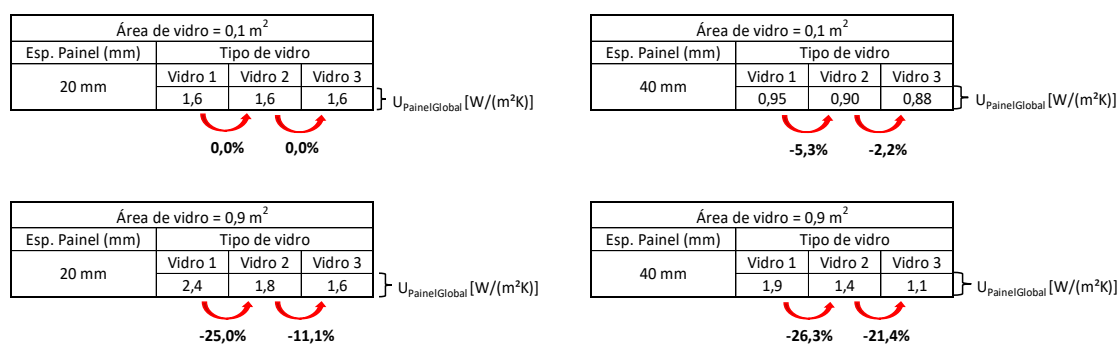


Figura 5.6 – Resumo do comportamento térmico para diferentes espessuras de painéis de porta com diferentes configurações de vidro.

Nota-se que, para área de vidro de 0.1 m^2 e um painel de 20 mm, o valor do $U_{\text{PainelGlobal}}$ não é alterado quando se modifica as soluções envidraçadas. Já para uma área de vidro de 0.9 m^2 , o $U_{\text{PainelGlobal}}$ é reduzido entre 11.1% e 25.0% quando se altera a soluções envidraçadas. A redução do $U_{\text{PainelGlobal}}$ tende a ser muito mais elevada quanto maior a área de vidro e esta lógica também é válida quando a espessura do painel é de 40 mm.

Portanto, com base na análise da Figura 5.6, é possível perceber que, conforme era expectável, a melhoria térmica com a adição de uma solução envidraçada de melhor desempenho apresenta um impacto térmico superior quando as áreas de vidro são maiores, por outro lado, para áreas de vidro reduzidas, a melhoria térmica é muito mais ligeira.

Em relação ao tipo de vidro, observa-se que o vidro 2, já promove uma melhoria significativa no comportamento térmico da solução quando comparado ao vidro 1. É evidente que o vidro 3 terá um desempenho ainda melhor, porém, o impacto não é tão elevado quando comparado com a melhoria proporcionada à alteração do vidro 1 para o vidro 2. Logo, cabe ao fabricante verificar se vale a pena térmica e financeiramente estar a utilizar um vidro com uma excelente solução térmica, mas que apresenta um custo final

mais elevado ou um vidro que apresenta apenas um bom desempenho térmico com um custo final menor.

A lógica apresentada na Figura 5.7 é a mesma explicada acima com a diferença de que está a ser demonstrado a alteração no desempenho térmico das diferentes soluções com configurações do vidro em que se varia a caixa-de-ar (explicado em 5.3.3). Sabe-se que o vidro 1 refere-se a vidros piores termicamente quando comparados com os vidros do tipo 2 em que foram adicionadas películas SunGuard® e/ou gás nobre. Os valores intermediários do $U_{\text{PainelGlobal}}$ para o vidro 1 e o vidro 2 estão demonstrados na Tabela B.2 e na Tabela B.3 respetivamente.

É possível também realizar uma análise semelhante acerca dos cálculos realizados em 5.3.3 onde se pode tirar as mesmas conclusões já citadas, ou seja, a redução do $U_{\text{PainelGlobal}}$ tende a ser muito mais elevada quanto maior a área de vidro enquanto para áreas de vidro reduzidas, a melhoria térmica é muito mais discreta.

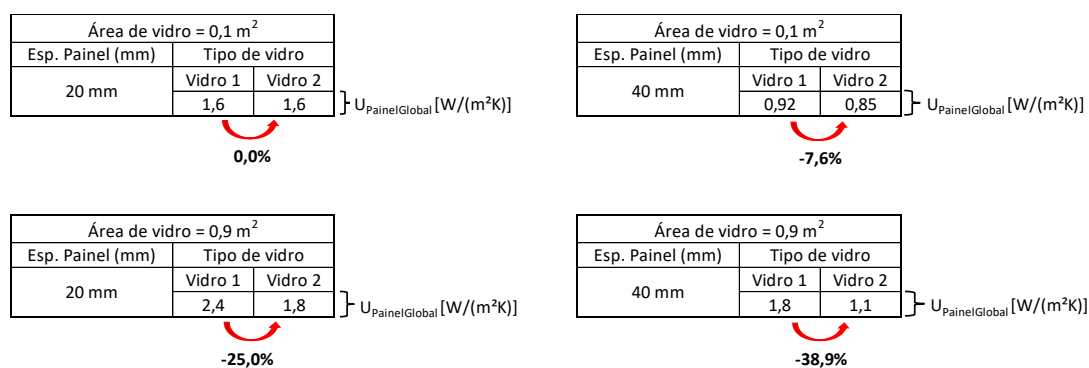


Figura 5.7 – Resumo do comportamento térmico para diferentes espessuras de painéis de porta com diferentes configurações de vidro.

Pode-se então concluir que substituir um vidro com mau desempenho térmico por um vidro com médio e bom desempenho é benéfico, mas é preciso equilibrar estes benefícios térmicos com o custo extra associado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente documento teve como objetivo inicial transmitir informações relevantes acerca dos trabalhos realizados durante o estágio curricular no Itecons assim como registrar a base teórica daquilo que foi executado.

A etapa inicial do trabalho consistiu em analisar a influência de algumas variáveis num conjunto de situações de pontes térmicas, através do seu impacto no coeficiente de transmissão térmica linear, ψ . Nesta fase do trabalho recorreu-se a programas de cálculo numérico de transferência de calor, nomeadamente, *THERM* e *UcanPsi*. Os resultados obtidos foram organizados em tabelas para serem adicionadas no Catálogo *Online* de Pontes Térmicas do Itecons para que, desta forma, as informações estejam acessíveis a projetista e Peritos Qualificados do Sistema Nacional de Certificação Energética de Edifícios.

A etapa seguinte do trabalho consistiu na realização de cálculos úteis para um fabricante de painéis de portas, o qual oferece centenas de soluções no mercado e necessita de dispor informação acerca do comportamento térmico das mesmas. Foi executada uma análise paramétrica agrupando os painéis de portas em conjuntos que possuíssem características térmicas semelhantes. Esta tarefa também passou por obter o coeficiente de transmissão térmica linear, mas, desta vez, entre o painel opaco das portas e o envidraçado. Esta fase do processo foi realizada com auxílio de outro programa de cálculo, designado *BISCO*.

Sumariam-se de seguida algumas considerações acerca dos resultados obtidos.

- Em relação ao cálculo de pontes térmicas lineares:

- Devido à atualização da Portaria n.º 138-I/2021, de 1 de julho, os requisitos mínimos tornaram-se mais rígidos sendo necessário melhorar as soluções através do aumento da espessura da camada de isolamento térmico. A aplicação do isolamento térmico na envolvente exterior é de extrema eficácia devendo-se apenas ter a cautela de não agravar o impacto das pontes térmicas ao aplicar isolamento na envolvente. Para evitar esse agravamento, a correção das pontes térmicas tem de ser cuidada e sempre que possível deve haver continuidade do isolamento térmico.
- O Catálogo de Pontes Térmicas Lineares do Itecons já conta com inúmeros pormenores construtivos, sendo muito útil para projetistas e peritos qualificados, desde que o utilizador esteja a utilizar uma solução de ponte térmica semelhante a uma das listadas no respetivo catálogo.

- Visando obter um ψ com a maior exatidão possível, é imprescindível conhecer as características reais do edifício a ser analisado para posteriormente auferir um valor com pequeno erro associado.
- Os edifícios podem ser muito complexos e as arquiteturas muito diversas, criando inúmeras zonas de pontes térmicas que precisam ser quantificadas e, apesar do Catálogo do Itecons já contar com um grande número de pormenores construtivos, é necessária uma atualização constante das soluções lá presentes, até pela evolução que as opções construtivas têm.

Em relação ao cálculo do coeficiente de transmissão térmica de painéis de portas:

- A escolha do vidro a ser implementado na porta pode ser determinante para o seu comportamento térmico, sobretudo quando a área de vidro aumenta em relação à parte opaca. Dependendo da configuração do vidro pode haver muita variação no preço e no desempenho térmico da solução. O ideal é tentar equilibrar o desempenho térmico da parte opaca do painel com o desempenho térmico do vidro, acautelando a razoabilidade do custo da solução.
- A presença de elementos decorativos nas portas é praticamente insignificante termicamente, dando liberdade ao fabricante em termos de opções de modelos, sem ter impacto significativo no desempenho térmico das soluções.

É importante pontuar que o trabalho descrito neste documento pode ser a base para desenvolvimentos futuros. Um estudo muito similar ao realizado no capítulo 4 pode ser concretizado de modo a dar continuidade na atualização do catálogo, uma vez que um catálogo de pontes térmicas com maior variedade de soluções construtivas fornecerá um maior conjunto de opções para o utilizador corresponder uma solução listada no catálogo com a respetiva solução construtiva real e conseqüentemente obter um valor de ψ com menor erro associado.

Outra recomendação a ser seguida, é referente a um estudo mais detalhado do capítulo 5 com a realização de cálculos do desempenho térmico de variados modelos de portas, desconsiderando as simplificações apontadas neste mesmo capítulo. É sugerido considerar variados formatos de vidro inserido nos painéis das portas, diferentes espaçadores térmicos e até diferentes dimensões das portas de modo a obter resultados de ψ para uma maior variedade de modelos.

O desenvolvimento deste trabalho em contexto de estágio curricular possibilitou aprofundar os conhecimentos teóricos através de aplicações práticas, em que foi possível ter contacto com as necessidades do mercado no âmbito da engenharia civil. A experiência adquirida em ambiente

de trabalho empresarial, com as rotinas próprias duma empresa foi enriquecedora e relevante para em termos de desenvolvimento pessoal e profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, L. (2021). *Impacto dos parâmetros do isolamento nas pontes térmicas lineares em regime sazonal e dinâmico*. Universidade de Coimbra.
- Afonso, R. (2012). *Pontes térmicas : perdas térmicas lineares , valores por defeito*.
- Alhawari, A., & Mukhopadhyaya, P. (2018). Thermal bridges in building envelopes - An overview of impacts and solutions. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 9(1), 31–40. <https://doi.org/10.1556/1848.2018.9.1.5>
- Anderlind, G. (2018). *UcanPsi*.
- Anderlind, G., & Byggnadsfysik, G. (2015). *A new model for calculating the effects of two- and three-dimensional. August 1999*.
- Bergero, S., & Chiari, A. (2018). The influence of thermal bridge calculation method on the building energy need: A case study. *Energy Procedia*, 148(Ati), 1042–1049. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.08.056>
- Berggren, B., & Wall, M. (2013). Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes - Risk of performance failure due to inconsistent use of methodology. *Energy and Buildings*, 65, 331–339. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.06.021>
- Capozzoli, A., Gorrino, A., & Corrado, V. (2013). A building thermal bridges sensitivity analysis. *Applied Energy*, 107, 229–243. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.02.045>
- Dinis, B. (2009). *TERMOGRAFIA APLICADA À FÍSICA DAS CONSTRUÇÕES*. Universidade Fernando Pessoa.
- GUARDIAN Industries Corp. (2022). *SunGuard® eXtra Selective SNX 50*. <https://www.guardianglass.com/eu/pt/our-glass/sunguard-extraselective/snx-50>
- Guardianglass. (2022). *Guardian Glass Analytics*. <https://glassanalytics.guardian.com/app/configure>
- ISO, 10077. (2017). *ISO 10077 - Thermal performance of windows, doors and shutters — Calculation of thermal transmittance*.
- ISO, 10211. (2017). *ISO 10211 - Thermal bridges in building construction — Heat flows and surface temperatures — Detailed calculations. 61010-1 © Iec:2001*.
- ISO 13788. (2012). *ISO 13788 - Hygrothermal performance of building components and building elements — Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation — Calculation methods. 61010-1 © Iec:2001,2012,13*.
- ISO, 14683. (2003). *ISO 14683 - Thermal bridges in building construction — Linear thermal transmittance — Simplified methods and default values. 61010-1 © Iec:2001, 2003, 13*.
- ITEcons. (2011a). *Catálogo Online de Pontes Térmicas Lineares Guia de utilização*.
- ITEcons. (2011b). *Definição de pontes térmicas lineares*. Catálogo Online de Pontes Térmicas Lineares. <https://www.itecons.uc.pt/catalogoptl/index.php>
- Lawrence Berkeley National Laboratory. (2019). *Two-Dimensional Building Heat-Transfer Modeling*. <https://windows.lbl.gov/software/therm>
- Martin, K., Erkoreka, A., Flores, I., Odriozola, M., & Sala, J. M. (2011). Problems in the calculation of thermal bridges in dynamic conditions. *Energy and Buildings*, 43(2–3), 529–535. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.10.018>
- Martin, K., Escudero, C., Erkoreka, A., Flores, I., & Sala, J. M. (2012). Equivalent wall method for dynamic characterisation of thermal bridges. *Energy and Buildings*, 55, 704–714.

- <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.024>
- Nguyen, C. K., Teodosiu, C., Kuznik, F., David, D., Teodosiu, R., & Rusaouën, G. (2019). A full-scale experimental study concerning the moisture condensation on building glazing surface. *Building and Environment*, 156(February), 215–224. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.024>
- Orlik-Kozdoń, B. (2020). Microclimate conditions in rooms: Their impact on mold development in buildings. *Energies*, 13(17), 1–19. <https://doi.org/10.3390/en13174492>
- Pechincha, J. (2011). *Avaliação do impacte das pontes térmicas no desempenho térmico dos edifícios do Campus da FCT / UNL – análise experimental*. Universidade Nova de Lisboa - FCT.
- Physibel. (2020). *Validation of the program Bisco according to ISO 10211*. https://www.physibel.be/en/uploads/knowledge_bases/document/40/validation_10211_casel.bsc
- Prata, J., Tadeu, A., & Simões, N. (2014). Influence of material properties and boundary conditions on the dynamic thermal behaviour of a building corner. *WIT Transactions on the Built Environment*, 142, 333–345. <https://doi.org/10.2495/ARC140291>
- Romero, M. J., Aguilar, F., & Vicente, P. G. (2021). Analysis of design improvements for thermal bridges formed by double-brick façades and intermediate slabs for nZEB residential buildings in Spain. *Journal of Building Engineering*, 44, 103270. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103270>
- Santos, P., Lemes, G., & Mateus, D. (2019). Thermal transmittance of internal partition and external facade LSF walls: A parametric study. *Energies*, 12(14), 1–20. <https://doi.org/10.3390/en12142671>
- Simões, N., Prata, J., & Tadeu, A. (2014). Contribution of linear thermal bridges to the overall thermal performance of the building envelope: Dynamic analysis. *WIT Transactions on the Built Environment*, 142, 321–332. <https://doi.org/10.2495/ARC140281>
- Valério, J. (2007). *Avaliação do Impacte das Pontes Térmicas no Desempenho Térmico e Energético de Edifícios Residenciais Correntes*. Universidade de Lisboa.

ANEXO A – Cálculo das pontes térmicas lineares

A.1 Resultados dos valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 3 cm | | | |
|---|--------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/m °C] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,089 | 0,089 | - |
| 0,11 | - | 0,095 | - |
| 0,15 | - | 0,120 | - |
| 0,19 | - | 0,144 | - |
| 0,20 | - | 0,150 | - |
| 0,22 | - | 0,163 | - |
| 0,24 | - | 0,175 | - |
| 0,25 | - | 0,181 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 4 cm | | | |
|---|--------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/m °C] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,076 | 0,076 | - |
| 0,11 | - | 0,081 | - |
| 0,15 | - | 0,103 | - |
| 0,19 | - | 0,124 | - |
| 0,20 | - | 0,129 | - |
| 0,22 | - | 0,140 | - |
| 0,24 | - | 0,151 | - |
| 0,25 | - | 0,156 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 5 cm | | | |
|---|--------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/m °C] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,066 | 0,066 | - |
| 0,11 | - | 0,071 | - |
| 0,15 | - | 0,090 | - |
| 0,19 | - | 0,109 | - |
| 0,20 | - | 0,114 | - |
| 0,22 | - | 0,123 | - |
| 0,24 | - | 0,132 | - |
| 0,25 | - | 0,137 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 6 cm | | | |
|---|--------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/m °C] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,059 | 0,059 | - |
| 0,11 | - | 0,063 | - |
| 0,15 | - | 0,080 | - |
| 0,19 | - | 0,097 | - |
| 0,20 | - | 0,101 | - |
| 0,22 | - | 0,110 | - |
| 0,24 | - | 0,118 | - |
| 0,25 | - | 0,122 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 7 cm | | | |
|---|--------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/m °C] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,053 | 0,053 | - |
| 0,12 | 0,061 | 0,063 | 0,060 |
| 0,15 | 0,072 | 0,072 | - |
| 0,19 | 0,087 | 0,087 | - |
| 0,20 | 0,091 | 0,091 | - |
| 0,22 | 0,099 | 0,099 | - |
| 0,24 | 0,106 | 0,106 | - |
| 0,25 | 0,110 | 0,110 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | | | |
|--|-------------------|--------------------|----------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi | THERM vs. Catálogo | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,10 | 0,00% | - | - |
| 0,12 | 3,28% | -1,64% | -4,76% |
| 0,15 | 0,00% | - | - |
| 0,19 | 0,00% | - | - |
| 0,20 | 0,00% | - | - |
| 0,22 | 0,00% | - | - |
| 0,24 | 0,00% | - | - |
| 0,25 | 0,00% | - | - |

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 8 cm | | | |
|---|--------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/m °C] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,048 | 0,048 | - |
| 0,11 | - | 0,051 | - |
| 0,15 | - | 0,065 | - |
| 0,19 | - | 0,079 | - |
| 0,20 | - | 0,083 | - |
| 0,22 | - | 0,090 | - |
| 0,24 | - | 0,097 | - |
| 0,25 | - | 0,100 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

Figura A.1 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em alvenaria de tijolo isolada pelo exterior e parede divisória em alvenaria de tijolo (1/2).

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 10 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,041 | 0,040 | - |
| 0,11 | - | 0,043 | - |
| 0,15 | - | 0,055 | - |
| 0,19 | - | 0,067 | - |
| 0,20 | - | 0,070 | - |
| 0,22 | - | 0,076 | - |
| 0,24 | - | 0,082 | - |
| 0,25 | - | 0,085 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -2,44% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 12 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,030 | 0,035 | - |
| 0,11 | - | 0,038 | - |
| 0,15 | - | 0,048 | - |
| 0,19 | - | 0,058 | - |
| 0,20 | - | 0,061 | - |
| 0,22 | - | 0,066 | - |
| 0,24 | - | 0,071 | - |
| 0,25 | - | 0,074 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 16,67% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

Figura A.2 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em alvenaria de tijolo isolada pelo exterior e parede divisória em alvenaria de tijolo (2/2).

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 3 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,177 | 0,172 | - |
| 0,11 | - | 0,188 | - |
| 0,15 | - | 0,225 | - |
| 0,19 | - | 0,258 | - |
| 0,20 | - | 0,271 | - |
| 0,22 | - | 0,298 | - |
| 0,24 | - | 0,317 | - |
| 0,25 | - | 0,329 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -2,82% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 4 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,175 | 0,170 | - |
| 0,11 | - | 0,187 | - |
| 0,15 | - | 0,223 | - |
| 0,19 | - | 0,255 | - |
| 0,20 | - | 0,268 | - |
| 0,22 | - | 0,295 | - |
| 0,24 | - | 0,314 | - |
| 0,25 | - | 0,327 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -2,86% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 5cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,171 | 0,167 | - |
| 0,11 | - | 0,184 | - |
| 0,15 | - | 0,220 | - |
| 0,19 | - | 0,250 | - |
| 0,20 | - | 0,264 | - |
| 0,22 | - | 0,291 | - |
| 0,24 | - | 0,310 | - |
| 0,25 | - | 0,323 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -2,34% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 6 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,167 | 0,163 | - |
| 0,12 | 0,187 | 0,190 | 0,190 |
| 0,15 | - | 0,215 | - |
| 0,19 | - | 0,245 | - |
| 0,20 | - | 0,259 | - |
| 0,22 | - | 0,287 | - |
| 0,24 | - | 0,305 | - |
| 0,25 | - | 0,318 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | | | |
|--|-------------------|--------------------|----------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi | THERM vs. Catálogo | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,10 | -2,40% | - | - |
| 0,12 | 1,60% | 1,60% | 0,00% |
| 0,15 | - | - | - |
| 0,19 | - | - | - |
| 0,20 | - | - | - |
| 0,22 | - | - | - |
| 0,24 | - | - | - |
| 0,25 | - | - | - |

Figura A.3 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em alvenaria de tijolo isolada pelo interior e parede divisória em alvenaria de tijolo (1/2).

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 7 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,162 | 0,159 | - |
| 0,11 | - | 0,177 | - |
| 0,15 | - | 0,210 | - |
| 0,19 | - | 0,240 | - |
| 0,20 | - | 0,254 | - |
| 0,22 | - | 0,281 | - |
| 0,24 | - | 0,300 | - |
| 0,25 | - | 0,313 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -1,85% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 8 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,161 | 0,154 | - |
| 0,11 | - | 0,172 | - |
| 0,15 | - | 0,205 | - |
| 0,19 | - | 0,234 | - |
| 0,20 | - | 0,248 | - |
| 0,22 | - | 0,276 | - |
| 0,24 | - | 0,294 | - |
| 0,25 | - | 0,307 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -4,35% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 10 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,148 | 0,145 | - |
| 0,11 | - | 0,163 | - |
| 0,15 | - | 0,195 | - |
| 0,19 | - | 0,223 | - |
| 0,20 | - | 0,237 | - |
| 0,22 | - | 0,264 | - |
| 0,24 | - | 0,282 | - |
| 0,25 | - | 0,295 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -2,03% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da fachada = 22 cm e isolamento = 12 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,134 | 0,137 | - |
| 0,11 | - | 0,154 | - |
| 0,15 | - | 0,185 | - |
| 0,19 | - | 0,212 | - |
| 0,20 | - | 0,226 | - |
| 0,22 | - | 0,253 | - |
| 0,24 | - | 0,270 | - |
| 0,25 | - | 0,283 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 2,24% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

Figura A.4 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em alvenaria de tijolo isolada pelo interior e parede divisória em alvenaria de tijolo (2/2).

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 3 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,092 | 0,092 | - |
| 0,11 | - | 0,099 | - |
| 0,12 | - | 0,105 | - |
| 0,15 | - | 0,124 | - |
| 0,19 | - | 0,148 | - |
| 0,20 | - | 0,155 | - |
| 0,22 | - | 0,168 | - |
| 0,24 | - | 0,180 | - |
| 0,25 | - | 0,186 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

Figura A.5 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão leve isolada pelo exterior e parede divisória em alvenaria de tijolo (1/2).

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 4cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,078 | 0,078 | - |
| 0,11 | - | 0,084 | - |
| 0,12 | - | 0,089 | - |
| 0,15 | - | 0,106 | - |
| 0,19 | - | 0,127 | - |
| 0,20 | - | 0,132 | - |
| 0,22 | - | 0,144 | - |
| 0,24 | - | 0,154 | - |
| 0,25 | - | 0,160 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 5cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,068 | 0,068 | - |
| 0,11 | - | 0,073 | - |
| 0,12 | - | 0,078 | - |
| 0,15 | - | 0,092 | - |
| 0,19 | - | 0,111 | - |
| 0,20 | - | 0,116 | - |
| 0,22 | - | 0,126 | - |
| 0,24 | - | 0,135 | - |
| 0,25 | - | 0,140 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 6 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,060 | 0,060 | - |
| 0,11 | 0,065 | 0,064 | - |
| 0,12 | 0,069 | 0,069 | - |
| 0,15 | - | 0,082 | - |
| 0,19 | - | 0,098 | - |
| 0,20 | - | 0,103 | - |
| 0,22 | - | 0,112 | - |
| 0,24 | - | 0,120 | - |
| 0,25 | - | 0,124 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | -0,78% |
| 0,12 | 0,00% |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 7cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,054 | 0,054 | - |
| 0,11 | - | 0,058 | - |
| 0,12 | - | 0,062 | - |
| 0,15 | - | 0,073 | - |
| 0,19 | - | 0,089 | - |
| 0,20 | - | 0,093 | - |
| 0,22 | - | 0,100 | - |
| 0,24 | - | 0,108 | - |
| 0,25 | - | 0,112 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 8cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,049 | 0,049 | - |
| 0,11 | - | 0,052 | - |
| 0,12 | - | 0,056 | - |
| 0,15 | - | 0,067 | - |
| 0,19 | - | 0,080 | - |
| 0,20 | - | 0,084 | - |
| 0,22 | - | 0,091 | - |
| 0,24 | - | 0,098 | - |
| 0,25 | - | 0,102 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 10 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,041 | 0,041 | - |
| 0,11 | - | 0,044 | - |
| 0,12 | - | 0,047 | - |
| 0,15 | - | 0,056 | - |
| 0,19 | - | 0,068 | - |
| 0,20 | - | 0,071 | - |
| 0,22 | - | 0,077 | - |
| 0,24 | - | 0,083 | - |
| 0,25 | - | 0,086 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 12 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,036 | 0,035 | - |
| 0,11 | - | 0,038 | - |
| 0,12 | - | 0,041 | - |
| 0,15 | - | 0,049 | - |
| 0,19 | - | 0,059 | - |
| 0,20 | - | 0,062 | - |
| 0,22 | - | 0,067 | - |
| 0,24 | - | 0,072 | - |
| 0,25 | - | 0,075 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -2,78% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

Figura A.6 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão leve isolada pelo exterior e parede divisória em alvenaria de tijolo (2/2).

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 3 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,252 | 0,226 | - |
| 0,11 | - | 0,240 | - |
| 0,12 | - | 0,250 | - |
| 0,15 | - | 0,278 | - |
| 0,19 | - | 0,313 | - |
| 0,20 | - | 0,325 | - |
| 0,22 | - | 0,350 | - |
| 0,24 | - | 0,369 | - |
| 0,25 | - | 0,382 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -10,32% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 4 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,261 | 0,229 | - |
| 0,11 | - | 0,243 | - |
| 0,12 | - | 0,253 | - |
| 0,15 | - | 0,280 | - |
| 0,19 | - | 0,314 | - |
| 0,20 | - | 0,326 | - |
| 0,22 | - | 0,351 | - |
| 0,24 | - | 0,370 | - |
| 0,25 | - | 0,382 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -12,26% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 5 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,241 | 0,230 | - |
| 0,11 | - | 0,244 | - |
| 0,12 | - | 0,253 | - |
| 0,15 | - | 0,280 | - |
| 0,19 | - | 0,312 | - |
| 0,20 | - | 0,325 | - |
| 0,22 | - | 0,350 | - |
| 0,24 | - | 0,368 | - |
| 0,25 | - | 0,380 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -4,56% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 6 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,240 | 0,229 | - |
| 0,11 | - | 0,243 | - |
| 0,12 | - | 0,252 | - |
| 0,15 | - | 0,278 | - |
| 0,19 | - | 0,309 | - |
| 0,20 | - | 0,322 | - |
| 0,22 | - | 0,346 | - |
| 0,24 | - | 0,365 | - |
| 0,25 | - | 0,377 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -4,58% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 7 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,237 | 0,226 | - |
| 0,11 | - | 0,240 | - |
| 0,12 | - | 0,249 | - |
| 0,15 | - | 0,274 | - |
| 0,19 | - | 0,305 | - |
| 0,20 | - | 0,317 | - |
| 0,22 | - | 0,342 | - |
| 0,24 | - | 0,360 | - |
| 0,25 | - | 0,372 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -4,64% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 8 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,233 | 0,223 | - |
| 0,11 | - | 0,237 | - |
| 0,12 | - | 0,246 | - |
| 0,15 | - | 0,270 | - |
| 0,19 | - | 0,300 | - |
| 0,20 | - | 0,312 | - |
| 0,22 | - | 0,337 | - |
| 0,24 | - | 0,355 | - |
| 0,25 | - | 0,367 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -4,29% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de alvenaria da betão = 20 cm e isolamento = 10 cm | | | |
|--|--|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,225 | 0,215 | - |
| 0,11 | - | 0,229 | - |
| 0,12 | - | 0,237 | - |
| 0,15 | - | 0,261 | - |
| 0,19 | - | 0,289 | - |
| 0,20 | - | 0,301 | - |
| 0,22 | - | 0,326 | - |
| 0,24 | - | 0,343 | - |
| 0,25 | - | 0,355 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -4,44% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

Figura A.7 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão leve isolada pelo interior e parede divisória em alvenaria de tijolo (1/2).

| Espessura da parede de alvenaria de betão = 20 cm e isolamento = 12 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itacons |
| 0,10 | 0,211 | 0,207 | - |
| 0,11 | - | 0,221 | - |
| 0,12 | - | 0,228 | - |
| 0,15 | - | 0,251 | - |
| 0,19 | - | 0,278 | - |
| 0,20 | - | 0,290 | - |
| 0,22 | - | 0,314 | - |
| 0,24 | - | 0,331 | - |
| 0,25 | - | 0,343 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -1,90% |
| 0,11 | - |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

Figura A.8 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão leve isolada pelo interior e parede divisória em alvenaria de tijolo (2/2).

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 3 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,107 | 0,106 | - |
| 0,11 | - | 0,114 | - |
| 0,15 | - | 0,143 | - |
| 0,19 | - | 0,171 | - |
| 0,20 | - | 0,178 | - |
| 0,22 | - | 0,193 | - |
| 0,24 | - | 0,207 | - |
| 0,25 | - | 0,215 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -0,93% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 4 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,089 | 0,088 | - |
| 0,11 | - | 0,095 | - |
| 0,15 | - | 0,119 | - |
| 0,19 | - | 0,143 | - |
| 0,20 | - | 0,149 | - |
| 0,22 | - | 0,162 | - |
| 0,24 | - | 0,174 | - |
| 0,25 | - | 0,180 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -1,12% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 5 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,076 | 0,075 | - |
| 0,11 | - | 0,081 | - |
| 0,15 | - | 0,102 | - |
| 0,19 | - | 0,123 | - |
| 0,20 | - | 0,129 | - |
| 0,22 | - | 0,139 | - |
| 0,24 | - | 0,150 | - |
| 0,25 | - | 0,155 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -1,32% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 6 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,066 | 0,066 | - |
| 0,11 | 0,071 | 0,071 | - |
| 0,15 | - | 0,090 | - |
| 0,19 | - | 0,108 | - |
| 0,20 | - | 0,113 | - |
| 0,22 | - | 0,122 | - |
| 0,24 | - | 0,132 | - |
| 0,25 | - | 0,136 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | 0,00% |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 7 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,059 | 0,058 | - |
| 0,11 | - | 0,063 | - |
| 0,15 | - | 0,080 | - |
| 0,19 | - | 0,096 | - |
| 0,20 | - | 0,101 | - |
| 0,22 | - | 0,109 | - |
| 0,24 | - | 0,117 | - |
| 0,25 | - | 0,122 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -1,69% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

Figura A.9 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão normal isolada pelo exterior e parede divisória em alvenaria de tijolo (1/2).

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 8 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,053 | 0,053 | - |
| 0,11 | - | 0,056 | - |
| 0,15 | - | 0,072 | - |
| 0,19 | - | 0,087 | - |
| 0,20 | - | 0,091 | - |
| 0,22 | - | 0,098 | - |
| 0,24 | - | 0,106 | - |
| 0,25 | - | 0,110 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 10 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,044 | 0,044 | - |
| 0,11 | - | 0,047 | - |
| 0,15 | - | 0,060 | - |
| 0,19 | - | 0,072 | - |
| 0,20 | - | 0,076 | - |
| 0,22 | - | 0,082 | - |
| 0,24 | - | 0,088 | - |
| 0,25 | - | 0,092 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 12 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,038 | 0,037 | - |
| 0,11 | - | 0,040 | - |
| 0,15 | - | 0,051 | - |
| 0,19 | - | 0,062 | - |
| 0,20 | - | 0,065 | - |
| 0,22 | - | 0,071 | - |
| 0,24 | - | 0,076 | - |
| 0,25 | - | 0,079 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -2,63% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

Figura A.10 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão normal isolada pelo exterior e parede divisória em alvenaria de tijolo (2/2).

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 3 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,331 | 0,313 | - |
| 0,11 | - | 0,332 | - |
| 0,15 | - | 0,377 | - |
| 0,19 | - | 0,417 | - |
| 0,20 | - | 0,434 | - |
| 0,22 | - | 0,466 | - |
| 0,24 | - | 0,489 | - |
| 0,25 | - | 0,505 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -5,44% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 4 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,328 | 0,312 | - |
| 0,11 | - | 0,331 | - |
| 0,15 | - | 0,375 | - |
| 0,19 | - | 0,413 | - |
| 0,20 | - | 0,429 | - |
| 0,22 | - | 0,462 | - |
| 0,24 | - | 0,485 | - |
| 0,25 | - | 0,500 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -4,88% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 5 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,324 | 0,308 | - |
| 0,11 | - | 0,326 | - |
| 0,15 | - | 0,369 | - |
| 0,19 | - | 0,406 | - |
| 0,20 | - | 0,422 | - |
| 0,22 | - | 0,454 | - |
| 0,24 | - | 0,477 | - |
| 0,25 | - | 0,493 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -4,94% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

Figura A.11 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão normal isolada pelo interior e parede divisória em alvenaria de tijolo (1/2).

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 6 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,10 | - | 0,301 | - | 0,10 | - |
| 0,11 | 0,334 | 0,320 | - | 0,11 | -4,19% |
| 0,15 | - | 0,361 | - | 0,15 | - |
| 0,19 | - | 0,397 | - | 0,19 | - |
| 0,20 | - | 0,413 | - | 0,20 | - |
| 0,22 | - | 0,445 | - | 0,22 | - |
| 0,24 | - | 0,467 | - | 0,24 | - |
| 0,25 | - | 0,483 | - | 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 7 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,10 | 0,309 | 0,294 | - | 0,10 | -4,85% |
| 0,11 | - | 0,312 | - | 0,11 | - |
| 0,15 | - | 0,352 | - | 0,15 | - |
| 0,19 | - | 0,387 | - | 0,19 | - |
| 0,20 | - | 0,403 | - | 0,20 | - |
| 0,22 | - | 0,435 | - | 0,22 | - |
| 0,24 | - | 0,457 | - | 0,24 | - |
| 0,25 | - | 0,473 | - | 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 8 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,10 | 0,300 | 0,286 | - | 0,10 | -4,67% |
| 0,11 | - | 0,304 | - | 0,11 | - |
| 0,15 | - | 0,343 | - | 0,15 | - |
| 0,19 | - | 0,377 | - | 0,19 | - |
| 0,20 | - | 0,393 | - | 0,20 | - |
| 0,22 | - | 0,425 | - | 0,22 | - |
| 0,24 | - | 0,446 | - | 0,24 | - |
| 0,25 | - | 0,462 | - | 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 10 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|---|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,10 | 0,282 | 0,270 | - | 0,10 | -4,26% |
| 0,11 | - | 0,288 | - | 0,11 | - |
| 0,15 | - | 0,325 | - | 0,15 | - |
| 0,19 | - | 0,357 | - | 0,19 | - |
| 0,20 | - | 0,373 | - | 0,20 | - |
| 0,22 | - | 0,404 | - | 0,22 | - |
| 0,24 | - | 0,425 | - | 0,24 | - |
| 0,25 | - | 0,440 | - | 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 12 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|---|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,10 | 0,260 | 0,255 | - | 0,10 | -1,92% |
| 0,11 | - | 0,272 | - | 0,11 | - |
| 0,15 | - | 0,307 | - | 0,15 | - |
| 0,19 | - | 0,338 | - | 0,19 | - |
| 0,20 | - | 0,353 | - | 0,20 | - |
| 0,22 | - | 0,384 | - | 0,22 | - |
| 0,24 | - | 0,404 | - | 0,24 | - |
| 0,25 | - | 0,419 | - | 0,25 | - |

Figura A.12 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em bloco de betão normal isolada pelo interior e parede divisória em alvenaria de tijolo (2/2).

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 3 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,10 | 0,126 | 0,125 | - | 0,10 | -0,79% |
| 0,12 | - | 0,143 | - | 0,12 | - |
| 0,15 | - | 0,168 | - | 0,15 | - |
| 0,19 | - | 0,201 | - | 0,19 | - |
| 0,20 | - | 0,210 | - | 0,20 | - |
| 0,22 | - | 0,227 | - | 0,22 | - |
| 0,24 | - | 0,244 | - | 0,24 | - |
| 0,25 | - | 0,253 | - | 0,25 | - |

Figura A.13 – Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em betão isolada pelo exterior e parede divisória em alvenaria de tijolo (1/2).

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 4 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,102 | 0,101 | - |
| 0,12 | - | 0,115 | - |
| 0,15 | - | 0,136 | - |
| 0,19 | - | 0,164 | - |
| 0,20 | - | 0,171 | - |
| 0,22 | - | 0,185 | - |
| 0,24 | - | 0,199 | - |
| 0,25 | - | 0,206 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -0,98% |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 5 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,085 | 0,084 | - |
| 0,12 | - | 0,097 | - |
| 0,15 | - | 0,115 | - |
| 0,19 | - | 0,138 | - |
| 0,20 | - | 0,144 | - |
| 0,22 | - | 0,156 | - |
| 0,24 | - | 0,168 | - |
| 0,25 | - | 0,174 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -1,18% |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 6 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,073 | 0,073 | - |
| 0,12 | - | 0,083 | - |
| 0,15 | - | 0,099 | - |
| 0,19 | - | 0,119 | - |
| 0,20 | - | 0,125 | - |
| 0,22 | - | 0,135 | - |
| 0,24 | - | 0,146 | - |
| 0,25 | - | 0,151 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 7 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | - | 0,064 | - |
| 0,12 | 0,073 | 0,073 | 0,07 |
| 0,15 | - | 0,087 | - |
| 0,19 | - | 0,105 | - |
| 0,20 | - | 0,110 | - |
| 0,22 | - | 0,119 | - |
| 0,24 | - | 0,128 | - |
| 0,25 | - | 0,133 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | | | |
|--|-------------------|--------------------|----------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi | THERM vs. Catálogo | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,10 | - | - | - |
| 0,12 | 0,00% | -4,11% | -4,11% |
| 0,15 | - | - | - |
| 0,19 | - | - | - |
| 0,20 | - | - | - |
| 0,22 | - | - | - |
| 0,24 | - | - | - |
| 0,25 | - | - | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 8 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,057 | 0,057 | - |
| 0,12 | - | 0,065 | - |
| 0,15 | - | 0,078 | - |
| 0,19 | - | 0,094 | - |
| 0,20 | - | 0,098 | - |
| 0,22 | - | 0,106 | - |
| 0,24 | - | 0,115 | - |
| 0,25 | - | 0,119 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | 0,00% |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 10 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,053 | 0,047 | - |
| 0,12 | - | 0,050 | - |
| 0,15 | - | 0,064 | - |
| 0,19 | - | 0,077 | - |
| 0,20 | - | 0,081 | - |
| 0,22 | - | 0,088 | - |
| 0,24 | - | 0,095 | - |
| 0,25 | - | 0,098 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -11,32% |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 12 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,044 | 0,039 | - |
| 0,12 | - | 0,042 | - |
| 0,15 | - | 0,054 | - |
| 0,19 | - | 0,066 | - |
| 0,20 | - | 0,069 | - |
| 0,22 | - | 0,075 | - |
| 0,24 | - | 0,080 | - |
| 0,25 | - | 0,083 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -11,36% |
| 0,12 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

Figura A.14 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em betão isolada pelo exterior e parede divisória em alvenaria de tijolo (2/2).

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 3 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,366 | 0,354 | - |
| 0,11 | - | 0,393 | - |
| 0,15 | - | 0,451 | - |
| 0,19 | - | 0,496 | - |
| 0,20 | - | 0,526 | - |
| 0,22 | - | 0,583 | - |
| 0,24 | - | 0,615 | - |
| 0,25 | - | 0,642 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -3,28% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 4 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,335 | 0,330 | - |
| 0,11 | - | 0,370 | - |
| 0,15 | - | 0,426 | - |
| 0,19 | - | 0,470 | - |
| 0,20 | - | 0,500 | - |
| 0,22 | - | 0,557 | - |
| 0,24 | - | 0,589 | - |
| 0,25 | - | 0,616 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -1,49% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 5 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,318 | 0,308 | - |
| 0,11 | - | 0,347 | - |
| 0,15 | - | 0,402 | - |
| 0,19 | - | 0,446 | - |
| 0,20 | - | 0,475 | - |
| 0,22 | - | 0,532 | - |
| 0,24 | - | 0,563 | - |
| 0,25 | - | 0,590 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -3,14% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 6 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,296 | 0,287 | - |
| 0,11 | 0,335 | 0,325 | 0,320 |
| 0,15 | - | 0,380 | - |
| 0,19 | - | 0,423 | - |
| 0,20 | - | 0,451 | - |
| 0,22 | - | 0,507 | - |
| 0,24 | - | 0,538 | - |
| 0,25 | - | 0,565 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | | | |
|--|-------------------|--------------------|----------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi | THERM vs. Catálogo | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,10 | -3,04% | - | - |
| 0,11 | -2,99% | -4,48% | -1,54% |
| 0,15 | - | - | - |
| 0,19 | - | - | - |
| 0,20 | - | - | - |
| 0,22 | - | - | - |
| 0,24 | - | - | - |
| 0,25 | - | - | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 7 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,276 | 0,269 | - |
| 0,11 | - | 0,306 | - |
| 0,15 | - | 0,359 | - |
| 0,19 | - | 0,401 | - |
| 0,20 | - | 0,429 | - |
| 0,22 | - | 0,484 | - |
| 0,24 | - | 0,514 | - |
| 0,25 | - | 0,541 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -2,54% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 8 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,259 | 0,252 | - |
| 0,11 | - | 0,288 | - |
| 0,15 | - | 0,340 | - |
| 0,19 | - | 0,381 | - |
| 0,20 | - | 0,409 | - |
| 0,22 | - | 0,463 | - |
| 0,24 | - | 0,492 | - |
| 0,25 | - | 0,518 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -2,70% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 10 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,10 | 0,225 | 0,224 | - |
| 0,11 | - | 0,258 | - |
| 0,15 | - | 0,307 | - |
| 0,19 | - | 0,346 | - |
| 0,20 | - | 0,372 | - |
| 0,22 | - | 0,424 | - |
| 0,24 | - | 0,453 | - |
| 0,25 | - | 0,477 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Essesura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,10 | -0,44% |
| 0,11 | - |
| 0,15 | - |
| 0,19 | - |
| 0,20 | - |
| 0,22 | - |
| 0,24 | - |
| 0,25 | - |

Figura A.15 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em betão isolada pelo interior e parede divisória em alvenaria de tijolo (1/2).

| Espessura da parede de betão = 20 cm e isolamento = 12 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|---|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da parede divisória [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da parede divisória [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,10 | 0,202 | 0,201 | - | 0,10 | -0,50% |
| 0,11 | - | 0,233 | - | 0,11 | - |
| 0,15 | - | 0,279 | - | 0,15 | - |
| 0,19 | - | 0,317 | - | 0,19 | - |
| 0,20 | - | 0,341 | - | 0,20 | - |
| 0,22 | - | 0,391 | - | 0,22 | - |
| 0,24 | - | 0,418 | - | 0,24 | - |
| 0,25 | - | 0,430 | - | 0,25 | - |

Figura A.16 - Valores de ψ para ligação entre fachada e parede divisória. Parede exterior simples em betão isolada pelo interior e parede divisória em alvenaria de tijolo (2/2).

A.2 Resultados dos valores de ψ para ligação entre fachadas

| Espessura da parede de alvenaria = 10 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da camada de isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da camada de isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | 0,053 | 0,051 | - | 0,030 | -3,77% |
| 0,040 | - | 0,044 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,039 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,036 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,034 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,032 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,030 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,029 | - | 0,120 | - |

| Espessura da parede de alvenaria = 11 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da camada de isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da camada de isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | 0,055 | 0,053 | - | 0,030 | -3,64% |
| 0,040 | - | 0,045 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,040 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,037 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,034 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,033 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,031 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,029 | - | 0,120 | - |

| Espessura da parede de alvenaria = 15 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da camada de isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da camada de isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | 0,065 | 0,063 | - | 0,030 | -3,08% |
| 0,040 | - | 0,051 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,045 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,040 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,037 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,035 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,032 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,030 | - | 0,120 | - |

| Espessura da parede de alvenaria = 19 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da camada de isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da camada de isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | 0,079 | 0,074 | - | 0,030 | -6,33% |
| 0,040 | - | 0,059 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,051 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,045 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,041 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,038 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,034 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,031 | - | 0,120 | - |

| Espessura da parede de alvenaria = 20 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | | | |
|--|---|---------|------------------|--|-------------------|--------------------|----------------------|
| Espessura da camada de isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da camada de isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi | THERM vs. Catálogo | UCanPsi vs. Catálogo |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | | | |
| 0,030 | 0,078 | 0,076 | 0,080 | 0,030 | -2,56% | 2,56% | 5,26% |
| 0,040 | 0,064 | 0,061 | 0,060 | 0,040 | -4,69% | -6,25% | -1,64% |
| 0,050 | 0,054 | 0,052 | 0,050 | 0,050 | -3,70% | -7,11% | -3,85% |
| 0,060 | 0,048 | 0,046 | 0,050 | 0,060 | -4,17% | 4,17% | 8,70% |
| 0,070 | 0,043 | 0,041 | 0,040 | 0,070 | -4,65% | -6,98% | -2,44% |
| 0,080 | 0,040 | 0,038 | 0,040 | 0,080 | -5,00% | 0,00% | 5,26% |
| 0,100 | - | 0,034 | - | 0,100 | - | - | - |
| 0,120 | - | 0,032 | - | 0,120 | - | - | - |

Figura A.17 - Valores de ψ para ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo interior e pilar na zona do cunhal. Paredes em alvenaria de tijolo.

| Espessura da parede de alvenaria = 10 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,154 | 0,145 | - |
| 0,040 | - | 0,129 | - |
| 0,050 | - | 0,117 | - |
| 0,060 | - | 0,107 | - |
| 0,070 | - | 0,098 | - |
| 0,080 | - | 0,092 | - |
| 0,100 | - | 0,081 | - |
| 0,120 | - | 0,073 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -5,84% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de alvenaria = 11 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,164 | 0,156 | - |
| 0,040 | - | 0,139 | - |
| 0,050 | - | 0,125 | - |
| 0,060 | - | 0,114 | - |
| 0,070 | - | 0,106 | - |
| 0,080 | - | 0,098 | - |
| 0,100 | - | 0,087 | - |
| 0,120 | - | 0,078 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -4,88% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de alvenaria = 15 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,196 | 0,188 | - |
| 0,040 | - | 0,168 | - |
| 0,050 | - | 0,152 | - |
| 0,060 | - | 0,139 | - |
| 0,070 | - | 0,128 | - |
| 0,080 | - | 0,120 | - |
| 0,100 | - | 0,106 | - |
| 0,120 | - | 0,095 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -4,08% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de alvenaria = 19 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,221 | 0,214 | - |
| 0,040 | - | 0,193 | - |
| 0,050 | - | 0,175 | - |
| 0,060 | - | 0,161 | - |
| 0,070 | - | 0,149 | - |
| 0,080 | - | 0,139 | - |
| 0,100 | - | 0,123 | - |
| 0,120 | - | 0,111 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -3,17% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de alvenaria = 20 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,230 | 0,223 | 0,220 |
| 0,040 | 0,209 | 0,201 | 0,200 |
| 0,050 | 0,187 | 0,183 | 0,180 |
| 0,060 | 0,171 | 0,168 | 0,170 |
| 0,070 | 0,158 | 0,155 | 0,160 |
| 0,080 | 0,147 | 0,145 | 0,150 |
| 0,100 | - | 0,128 | - |
| 0,120 | - | 0,115 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | | | |
|--|-------------------|--------------------|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi | THERM vs. Catálogo | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | -3,04% | -4,35% | -1,35% |
| 0,040 | -3,83% | -4,31% | -0,50% |
| 0,050 | -2,14% | -3,74% | -1,64% |
| 0,060 | -1,75% | -0,58% | 1,19% |
| 0,070 | -1,90% | 1,27% | 3,23% |
| 0,080 | -1,36% | 2,04% | 3,45% |
| 0,100 | - | - | - |
| 0,120 | - | - | - |

Figura A.18 - Valores de ψ para ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo exterior e pilar na zona do cunhal. Paredes em alvenaria de tijolo.

| Espessura da parede de betão normal = 10 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,162 | 0,156 | - |
| 0,040 | - | 0,138 | - |
| 0,050 | - | 0,124 | - |
| 0,060 | - | 0,113 | - |
| 0,070 | - | 0,103 | - |
| 0,080 | - | 0,096 | - |
| 0,100 | - | 0,085 | - |
| 0,120 | - | 0,076 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -3,70% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de betão normal = 11 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,174 | 0,168 | - |
| 0,040 | - | 0,148 | - |
| 0,050 | - | 0,133 | - |
| 0,060 | - | 0,121 | - |
| 0,070 | - | 0,111 | - |
| 0,080 | - | 0,103 | - |
| 0,100 | - | 0,091 | - |
| 0,120 | - | 0,081 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -3,45% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de betão normal = 15 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,214 | 0,208 | - |
| 0,040 | - | 0,185 | - |
| 0,050 | - | 0,166 | - |
| 0,060 | - | 0,151 | - |
| 0,070 | - | 0,138 | - |
| 0,080 | - | 0,128 | - |
| 0,100 | - | 0,112 | - |
| 0,120 | - | 0,100 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -2,80% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de betão normal = 19 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,240 | 0,235 | - |
| 0,040 | - | 0,211 | - |
| 0,050 | - | 0,190 | - |
| 0,060 | - | 0,174 | - |
| 0,070 | - | 0,160 | - |
| 0,080 | - | 0,148 | - |
| 0,100 | - | 0,130 | - |
| 0,120 | - | 0,117 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -2,08% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de betão normal = 20 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,250 | 0,245 | 0,240 |
| 0,040 | 0,226 | 0,219 | 0,220 |
| 0,050 | 0,201 | 0,198 | 0,200 |
| 0,060 | 0,184 | 0,181 | 0,180 |
| 0,070 | 0,168 | 0,167 | 0,170 |
| 0,080 | 0,156 | 0,155 | 0,160 |
| 0,100 | - | 0,136 | - |
| 0,120 | - | 0,121 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | | | |
|--|-------------------|--------------------|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi | THERM vs. Catálogo | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | -2,00% | -4,00% | -2,04% |
| 0,040 | -3,10% | -2,65% | 0,46% |
| 0,050 | -1,49% | -0,50% | 1,01% |
| 0,060 | -1,63% | -2,17% | -0,55% |
| 0,070 | -0,60% | 1,19% | 1,80% |
| 0,080 | -0,64% | 2,56% | 3,23% |
| 0,100 | - | - | - |
| 0,120 | - | - | - |

Figura A.19 - Valores de ψ para ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo exterior e pilar a zona do cumbral. Paredes em blocos de betão normal.

| Espessura da parede de betão leve = 10 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,154 | 0,145 | - |
| 0,040 | - | 0,129 | - |
| 0,050 | - | 0,117 | - |
| 0,060 | - | 0,107 | - |
| 0,070 | - | 0,098 | - |
| 0,080 | - | 0,092 | - |
| 0,100 | - | 0,081 | - |
| 0,120 | - | 0,073 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -5,84% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de betão leve = 11 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,164 | 0,156 | - |
| 0,040 | - | 0,139 | - |
| 0,050 | - | 0,125 | - |
| 0,060 | - | 0,115 | - |
| 0,070 | - | 0,106 | - |
| 0,080 | - | 0,098 | - |
| 0,100 | - | 0,087 | - |
| 0,120 | - | 0,078 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -4,88% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de betão leve = 15 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,202 | 0,195 | - |
| 0,040 | - | 0,174 | - |
| 0,050 | - | 0,157 | - |
| 0,060 | - | 0,143 | - |
| 0,070 | - | 0,132 | - |
| 0,080 | - | 0,123 | - |
| 0,100 | - | 0,108 | - |
| 0,120 | - | 0,097 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -3,47% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de betão leve = 19 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,223 | 0,217 | - |
| 0,040 | - | 0,195 | - |
| 0,050 | - | 0,177 | - |
| 0,060 | - | 0,162 | - |
| 0,070 | - | 0,150 | - |
| 0,080 | - | 0,140 | - |
| 0,100 | - | 0,124 | - |
| 0,120 | - | 0,111 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -2,69% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de betão leve = 20 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,231 | 0,225 | - |
| 0,040 | - | 0,203 | - |
| 0,050 | - | 0,184 | - |
| 0,060 | - | 0,169 | - |
| 0,070 | - | 0,157 | - |
| 0,080 | - | 0,146 | - |
| 0,100 | - | 0,129 | - |
| 0,120 | - | 0,116 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -2,60% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de betão leve = 22 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,249 | 0,242 | - |
| 0,040 | - | 0,218 | - |
| 0,050 | - | 0,199 | - |
| 0,060 | - | 0,182 | - |
| 0,070 | - | 0,169 | - |
| 0,080 | - | 0,157 | - |
| 0,100 | - | 0,139 | - |
| 0,120 | - | 0,125 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -2,81% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.20 - Valores de ψ para ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo exterior e pilar a zona do cunhal. Paredes em blocos de betão leve (1/2).

| Espessura da parede de betão leve = 24 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,259 | 0,255 | - |
| 0,040 | - | 0,230 | - |
| 0,050 | - | 0,209 | - |
| 0,060 | - | 0,193 | - |
| 0,070 | - | 0,179 | - |
| 0,080 | - | 0,166 | - |
| 0,100 | - | 0,147 | - |
| 0,120 | - | 0,132 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | |
|---|-------------------|
| Espe ssura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -1,54% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de betão leve = 25 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,268 | 0,263 | - |
| 0,040 | - | 0,237 | - |
| 0,050 | - | 0,216 | - |
| 0,060 | - | 0,199 | - |
| 0,070 | - | 0,184 | - |
| 0,080 | - | 0,172 | - |
| 0,100 | - | 0,152 | - |
| 0,120 | - | 0,137 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | |
|---|-------------------|
| Espe ssura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -1,87% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede de betão leve = 30 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,301 | 0,297 | - |
| 0,040 | - | 0,269 | - |
| 0,050 | - | 0,246 | - |
| 0,060 | - | 0,227 | - |
| 0,070 | - | 0,211 | - |
| 0,080 | - | 0,197 | - |
| 0,100 | - | 0,174 | - |
| 0,120 | - | 0,157 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | |
|---|-------------------|
| Espe ssura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -1,33% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.21 - Valores de ψ para ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo exterior e pilar a zona do cunhal. Paredes em blocos de betão leve (2/2).

| Espessura da parede dupla de tijolo = 11 cm + 11cm | | | |
|--|--|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,118 | 0,118 | - |
| 0,040 | - | 0,108 | - |
| 0,050 | - | 0,100 | - |
| 0,060 | - | 0,093 | - |
| 0,070 | - | 0,087 | - |
| 0,080 | - | 0,082 | - |
| 0,100 | - | 0,074 | - |
| 0,120 | - | 0,068 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | |
|---|-------------------|
| Espe ssura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | 0,00% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede dupla de tijolo = 15 cm + 11cm | | | |
|--|--|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,121 | 0,119 | - |
| 0,040 | - | 0,108 | - |
| 0,050 | - | 0,100 | - |
| 0,060 | - | 0,093 | - |
| 0,070 | - | 0,087 | - |
| 0,080 | - | 0,082 | - |
| 0,100 | - | 0,074 | - |
| 0,120 | - | 0,068 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | |
|---|-------------------|
| Espe ssura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -1,65% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede dupla de tijolo = 15 cm + 15cm | | | |
|--|--|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,132 | 0,130 | 0,130 |
| 0,040 | - | 0,120 | 0,120 |
| 0,050 | - | 0,112 | 0,110 |
| 0,060 | - | 0,105 | 0,100 |
| 0,070 | - | 0,099 | 0,090 |
| 0,080 | - | 0,094 | 0,090 |
| 0,100 | - | 0,085 | - |
| 0,120 | - | 0,079 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | | | |
|---|-------------------|--------------------|----------------------|
| Espe ssura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi | THERM vs. Catálogo | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | -1,52% | -1,52% | 0,00% |
| 0,040 | - | - | 0,00% |
| 0,050 | - | - | -1,79% |
| 0,060 | - | - | -4,76% |
| 0,070 | - | - | -9,09% |
| 0,080 | - | - | -4,26% |
| 0,100 | - | - | - |
| 0,120 | - | - | - |

| Espessura da parede dupla de tijolo = 20 cm + 11 cm | | | |
|---|--|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² ·°C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,125 | 0,124 | - |
| 0,040 | - | 0,111 | - |
| 0,050 | - | 0,102 | - |
| 0,060 | - | 0,094 | - |
| 0,070 | - | 0,088 | - |
| 0,080 | - | 0,083 | - |
| 0,100 | - | 0,074 | - |
| 0,120 | - | 0,068 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | |
|---|-------------------|
| Espe ssura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -0,80% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.22 - Valores de ψ para ligação entre duas paredes verticais. Paredes em alvenaria de tijolo com pilar na zona do cunhal e isolamento repartido contínuo.

| Espessura da parede dupla de betão leve = 11 cm + 11cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,118 | 0,115 | - |
| 0,040 | - | 0,106 | - |
| 0,050 | - | 0,098 | - |
| 0,060 | - | 0,092 | - |
| 0,070 | - | 0,086 | - |
| 0,080 | - | 0,082 | - |
| 0,100 | - | 0,074 | - |
| 0,120 | - | 0,068 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -2,54% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede dupla de betão leve = 15 cm + 11cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,122 | 0,117 | - |
| 0,040 | - | 0,107 | - |
| 0,050 | - | 0,099 | - |
| 0,060 | - | 0,092 | - |
| 0,070 | - | 0,087 | - |
| 0,080 | - | 0,082 | - |
| 0,100 | - | 0,074 | - |
| 0,120 | - | 0,068 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -4,10% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede dupla de betão leve = 15 cm + 15cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,147 | 0,142 | - |
| 0,040 | - | 0,131 | - |
| 0,050 | - | 0,122 | - |
| 0,060 | - | 0,114 | - |
| 0,070 | - | 0,107 | - |
| 0,080 | - | 0,101 | - |
| 0,100 | - | 0,091 | - |
| 0,120 | - | 0,084 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -3,40% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede dupla de betão leve = 20 cm + 11 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,125 | 0,115 | - |
| 0,040 | - | 0,106 | - |
| 0,050 | - | 0,098 | - |
| 0,060 | - | 0,091 | - |
| 0,070 | - | 0,086 | - |
| 0,080 | - | 0,081 | - |
| 0,100 | - | 0,073 | - |
| 0,120 | - | 0,067 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -8,00% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.23 - Valores de ψ para ligação entre duas fachadas com caixa-de-ar totalmente preenchida por isolamento térmico. Paredes duplas em betão leve.

| Espessura da parede dupla de betão normal = 11 cm + 11cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,145 | 0,142 | - |
| 0,040 | - | 0,128 | - |
| 0,050 | - | 0,117 | - |
| 0,060 | - | 0,108 | - |
| 0,070 | - | 0,100 | - |
| 0,080 | - | 0,093 | - |
| 0,100 | - | 0,083 | - |
| 0,120 | - | 0,076 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -2,07% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da parede dupla de betão normal = 15 cm + 11cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,149 | 0,143 | - |
| 0,040 | - | 0,128 | - |
| 0,050 | - | 0,117 | - |
| 0,060 | - | 0,107 | - |
| 0,070 | - | 0,100 | - |
| 0,080 | - | 0,093 | - |
| 0,100 | - | 0,083 | - |
| 0,120 | - | 0,075 | - |

| Variação percentual entre os valores de Ψ | |
|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| 0,030 | -4,03% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.24 - Valores de ψ para Ligação entre duas fachadas com caixa-de-ar totalmente preenchida por isolamento térmico. Paredes duplas em betão normal (1/2).

| Espessura da parede dupla de betão normal = 15 cm + 15cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | 0,177 | 0,172 | - | 0,030 | -2,82% |
| 0,040 | - | 0,156 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,143 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,131 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,122 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,114 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,102 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,092 | - | 0,120 | - |

| Espessura da parede dupla de betão normal = 20 cm + 11 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|---|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | 0,151 | 0,143 | - | 0,030 | -5,30% |
| 0,040 | - | 0,128 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,116 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,107 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,099 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,093 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,082 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,075 | - | 0,120 | - |

Figura A.25 - Valores de ψ para Ligação entre duas fachadas com caixa-de-ar totalmente preenchida por isolamento térmico. Paredes duplas em betão normal (2/2).

| Espessura do pano em madeira = 7 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | | | |
|---------------------------------------|---|---------|------------------|--|-------------------|--------------------|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi | THERM vs. Catálogo | UCanPsi vs. Catálogo |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | | | |
| 0,030 | 0,066 | 0,064 | 0,06 | 0,030 | -3,03% | -9,09% | -6,25% |
| 0,040 | - | 0,061 | 0,06 | 0,040 | - | - | -1,64% |
| 0,050 | - | 0,058 | 0,06 | 0,050 | - | - | 3,45% |
| 0,060 | - | 0,056 | 0,05 | 0,060 | - | - | -10,71% |
| 0,070 | - | 0,053 | 0,05 | 0,070 | - | - | -5,66% |
| 0,080 | - | 0,051 | 0,05 | 0,080 | - | - | -1,96% |
| 0,100 | - | 0,048 | - | 0,100 | - | - | - |
| 0,120 | - | 0,045 | - | 0,120 | - | - | - |

| Espessura do pano em madeira = 10 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | | | |
|---------------------------------------|---|---------|------------------|--|-------------------|--------------------|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi | THERM vs. Catálogo | UCanPsi vs. Catálogo |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | | | |
| 0,030 | 0,068 | 0,067 | 0,06 | 0,030 | -1,47% | -11,76% | -10,45% |
| 0,040 | - | 0,065 | 0,06 | 0,040 | - | - | -7,69% |
| 0,050 | - | 0,062 | 0,06 | 0,050 | - | - | -3,23% |
| 0,060 | - | 0,060 | 0,06 | 0,060 | - | - | 0,00% |
| 0,070 | - | 0,058 | 0,06 | 0,070 | - | - | 3,45% |
| 0,080 | - | 0,056 | 0,06 | 0,080 | - | - | 7,14% |
| 0,100 | - | 0,052 | - | 0,100 | - | - | - |
| 0,120 | - | 0,050 | - | 0,120 | - | - | - |

| Espessura do pano em madeira = 13 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | | | |
|---------------------------------------|---|---------|------------------|--|-------------------|--------------------|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi | THERM vs. Catálogo | UCanPsi vs. Catálogo |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | | | |
| 0,030 | 0,07 | 0,069 | 0,06 | 0,030 | -1,43% | -14,29% | -13,04% |
| 0,040 | - | 0,067 | 0,06 | 0,040 | - | - | -10,45% |
| 0,050 | - | 0,065 | 0,06 | 0,050 | - | - | -7,69% |
| 0,060 | - | 0,063 | 0,06 | 0,060 | - | - | -4,76% |
| 0,070 | - | 0,061 | 0,06 | 0,070 | - | - | -1,64% |
| 0,080 | - | 0,059 | 0,06 | 0,080 | - | - | 1,69% |
| 0,100 | - | 0,056 | - | 0,100 | - | - | - |
| 0,120 | - | 0,053 | - | 0,120 | - | - | - |

| Espessura do pano em madeira = 15 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|---------------------------------------|---|---------|------------------|--|-------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² °C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | 0,07 | 0,069 | - | 0,030 | -1,43% |
| 0,040 | - | 0,068 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,066 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,064 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,063 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,061 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,058 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,055 | - | 0,120 | - |

Figura A.26 - Valores de ψ para ligação entre duas fachadas, com isolamento térmico pelo exterior. Paredes em madeira.

A.3 Resultados dos valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio

| Espessura da alvenaria = 22 cm e espessura da laje = 15 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,233 | 0,232 | 0,230 |
| 0,040 | 0,188 | 0,187 | 0,180 |
| 0,050 | 0,157 | 0,156 | 0,150 |
| 0,060 | 0,135 | 0,134 | 0,130 |
| 0,070 | - | 0,118 | - |
| 0,080 | - | 0,105 | - |
| 0,100 | - | 0,086 | - |
| 0,120 | - | 0,072 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | | | |
|--|-------------------|--------------------|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | THERM vs. UCanPsi | THERM vs. Catálogo | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | -0,43% | -1,29% | -0,86% |
| 0,040 | -0,53% | -4,26% | -3,74% |
| 0,050 | -0,64% | -4,46% | -3,85% |
| 0,060 | -0,74% | -3,70% | -2,99% |
| 0,070 | - | - | - |
| 0,080 | - | - | - |
| 0,100 | - | - | - |
| 0,120 | - | - | - |

| Espessura da alvenaria = 22 cm e espessura da laje = 17 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,251 | 0,250 |
| 0,040 | - | 0,203 | 0,200 |
| 0,050 | - | 0,170 | 0,170 |
| 0,060 | - | 0,146 | 0,140 |
| 0,070 | - | 0,128 | - |
| 0,080 | - | 0,113 | - |
| 0,100 | - | 0,093 | - |
| 0,120 | - | 0,078 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | -0,40% |
| 0,040 | -1,48% |
| 0,050 | 0,00% |
| 0,060 | -4,11% |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22 cm e espessura da laje = 20 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,280 | 0,270 |
| 0,040 | - | 0,226 | 0,220 |
| 0,050 | - | 0,189 | 0,190 |
| 0,060 | - | 0,162 | 0,160 |
| 0,070 | - | 0,142 | - |
| 0,080 | - | 0,126 | - |
| 0,100 | - | 0,103 | - |
| 0,120 | - | 0,088 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | -3,57% |
| 0,040 | -2,65% |
| 0,050 | 0,53% |
| 0,060 | -1,23% |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22 cm e espessura da laje = 22 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,299 | 0,290 |
| 0,040 | - | 0,241 | 0,240 |
| 0,050 | - | 0,202 | 0,200 |
| 0,060 | - | 0,173 | 0,170 |
| 0,070 | - | 0,152 | - |
| 0,080 | - | 0,135 | - |
| 0,100 | - | 0,111 | - |
| 0,120 | - | 0,094 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | -3,01% |
| 0,040 | -0,41% |
| 0,050 | -0,99% |
| 0,060 | -1,73% |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22 cm e espessura da laje = 25 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,327 | 0,320 |
| 0,040 | - | 0,264 | 0,260 |
| 0,050 | - | 0,221 | 0,220 |
| 0,060 | - | 0,190 | 0,190 |
| 0,070 | - | 0,166 | - |
| 0,080 | - | 0,148 | - |
| 0,100 | - | 0,121 | - |
| 0,120 | - | 0,103 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | -2,14% |
| 0,040 | -1,52% |
| 0,050 | -0,45% |
| 0,060 | 0,00% |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22 cm e espessura da laje = 27 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,345 | 0,340 |
| 0,040 | - | 0,279 | 0,270 |
| 0,050 | - | 0,233 | 0,230 |
| 0,060 | - | 0,201 | 0,200 |
| 0,070 | - | 0,176 | - |
| 0,080 | - | 0,157 | - |
| 0,100 | - | 0,128 | - |
| 0,120 | - | 0,109 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | -1,45% |
| 0,040 | -3,23% |
| 0,050 | -1,29% |
| 0,060 | -0,50% |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.27 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples com isolamento contínuo pelo exterior (1/2).

| Espessura da alvenaria = 22 cm e espessura da laje = 30 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,373 | 0,360 |
| 0,040 | - | 0,301 | 0,290 |
| 0,050 | - | 0,252 | 0,250 |
| 0,060 | - | 0,217 | 0,210 |
| 0,070 | - | 0,190 | - |
| 0,080 | - | 0,169 | - |
| 0,100 | - | 0,139 | - |
| 0,120 | - | 0,118 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | -3,49% |
| 0,040 | -3,65% |
| 0,050 | -0,79% |
| 0,060 | -3,23% |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22 cm e espessura da laje = 32 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,391 | 0,380 |
| 0,040 | - | 0,316 | 0,310 |
| 0,050 | - | 0,265 | 0,260 |
| 0,060 | - | 0,228 | 0,220 |
| 0,070 | - | 0,200 | - |
| 0,080 | - | 0,178 | - |
| 0,100 | - | 0,146 | - |
| 0,120 | - | 0,124 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | -2,81% |
| 0,040 | -1,90% |
| 0,050 | -1,89% |
| 0,060 | -3,51% |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22 cm e espessura da laje = 35 cm | | | |
|--|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,418 | 0,410 |
| 0,040 | - | 0,338 | 0,330 |
| 0,050 | - | 0,283 | 0,280 |
| 0,060 | - | 0,244 | 0,240 |
| 0,070 | - | 0,214 | - |
| 0,080 | - | 0,191 | - |
| 0,100 | - | 0,156 | - |
| 0,120 | - | 0,132 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | -1,91% |
| 0,040 | -2,37% |
| 0,050 | -1,06% |
| 0,060 | -1,64% |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.28 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples com isolamento contínuo pelo exterior (2/2).

| Espessura da alvenaria = 15 cm e espessura da laje = 15 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,821 | - |
| 0,040 | - | 0,807 | - |
| 0,050 | - | 0,793 | 0,790 |
| 0,060 | - | 0,777 | - |
| 0,700 | - | 0,762 | - |
| 0,080 | - | 0,746 | - |
| 0,100 | - | 0,716 | - |
| 0,120 | - | 0,687 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,38% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 15 cm e espessura da laje = 17 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,890 | - |
| 0,040 | - | 0,876 | - |
| 0,050 | - | 0,861 | 0,860 |
| 0,060 | - | 0,845 | - |
| 0,700 | - | 0,828 | - |
| 0,080 | - | 0,812 | - |
| 0,100 | - | 0,780 | - |
| 0,120 | - | 0,749 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,12% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 15 cm e espessura da laje = 20 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,991 | - |
| 0,040 | - | 0,975 | - |
| 0,050 | - | 0,959 | 0,960 |
| 0,060 | - | 0,941 | - |
| 0,700 | - | 0,924 | - |
| 0,080 | - | 0,906 | - |
| 0,100 | - | 0,872 | - |
| 0,120 | - | 0,839 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | 0,10% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.29 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior (1/12).

| Espessura da alvenaria = 15 cm e espessura da laje = 22 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,055 | - |
| 0,040 | - | 1,039 | - |
| 0,050 | - | 1,022 | 1,020 |
| 0,060 | - | 1,004 | - |
| 0,700 | - | 0,985 | - |
| 0,080 | - | 0,967 | - |
| 0,100 | - | 0,932 | - |
| 0,120 | - | 0,897 | - |

| Espessura da alvenaria = 15 cm e espessura da laje = 25 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,148 | - |
| 0,040 | - | 1,131 | - |
| 0,050 | - | 1,113 | 1,110 |
| 0,060 | - | 1,094 | - |
| 0,700 | - | 1,074 | - |
| 0,080 | - | 1,055 | - |
| 0,100 | - | 1,017 | - |
| 0,120 | - | 0,981 | - |

| Espessura da alvenaria = 15 cm e espessura da laje = 27 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,209 | - |
| 0,040 | - | 1,190 | - |
| 0,050 | - | 1,171 | 1,170 |
| 0,060 | - | 1,151 | - |
| 0,700 | - | 1,131 | - |
| 0,080 | - | 1,112 | - |
| 0,100 | - | 1,073 | - |
| 0,120 | - | 1,035 | - |

| Espessura da alvenaria = 15 cm e espessura da laje = 30 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,296 | - |
| 0,040 | - | 1,276 | - |
| 0,050 | - | 1,256 | 1,250 |
| 0,060 | - | 1,236 | - |
| 0,700 | - | 1,215 | - |
| 0,080 | - | 1,194 | - |
| 0,100 | - | 1,153 | - |
| 0,120 | - | 1,114 | - |

| Espessura da alvenaria = 15 cm e espessura da laje = 32 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,352 | - |
| 0,040 | - | 1,332 | - |
| 0,050 | - | 1,311 | 1,300 |
| 0,060 | - | 1,290 | - |
| 0,700 | - | 1,268 | - |
| 0,080 | - | 1,247 | - |
| 0,100 | - | 1,205 | - |
| 0,120 | - | 1,165 | - |

| Espessura da alvenaria = 15 cm e espessura da laje = 35 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,434 | - |
| 0,040 | - | 1,413 | - |
| 0,050 | - | 1,392 | 1,380 |
| 0,060 | - | 1,369 | - |
| 0,700 | - | 1,347 | - |
| 0,080 | - | 1,325 | - |
| 0,100 | - | 1,281 | - |
| 0,120 | - | 1,240 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,20% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,27% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,09% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,48% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,84% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,86% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.30 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior (2/12).

| Espessura da alvenaria = 19, cm e espessura da laje = 15 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,747 | - |
| 0,040 | - | 0,737 | - |
| 0,050 | - | 0,726 | 0,730 |
| 0,060 | - | 0,714 | - |
| 0,070 | - | 0,702 | - |
| 0,080 | - | 0,690 | - |
| 0,100 | - | 0,665 | - |
| 0,120 | - | 0,640 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | 0,55% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 19, cm e espessura da laje = 17 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,813 | - |
| 0,040 | - | 0,802 | - |
| 0,050 | - | 0,790 | 0,790 |
| 0,060 | - | 0,778 | - |
| 0,070 | - | 0,765 | - |
| 0,080 | - | 0,751 | - |
| 0,100 | - | 0,725 | - |
| 0,120 | - | 0,699 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | 0,00% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 19, cm e espessura da laje = 20 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,908 | - |
| 0,040 | - | 0,896 | - |
| 0,050 | - | 0,883 | 0,880 |
| 0,060 | - | 0,869 | - |
| 0,070 | - | 0,855 | - |
| 0,080 | - | 0,841 | - |
| 0,100 | - | 0,812 | - |
| 0,120 | - | 0,785 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,34% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 19, cm e espessura da laje = 22 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,968 | - |
| 0,040 | - | 0,956 | - |
| 0,050 | - | 0,942 | 0,940 |
| 0,060 | - | 0,928 | - |
| 0,070 | - | 0,913 | - |
| 0,080 | - | 0,898 | - |
| 0,100 | - | 0,868 | - |
| 0,120 | - | 0,839 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,21% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 19, cm e espessura da laje = 25 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,057 | - |
| 0,040 | - | 1,043 | - |
| 0,050 | - | 1,028 | 1,020 |
| 0,060 | - | 1,013 | - |
| 0,070 | - | 0,997 | - |
| 0,080 | - | 0,981 | - |
| 0,100 | - | 0,950 | - |
| 0,120 | - | 0,919 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,78% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 19, cm e espessura da laje = 27 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,114 | - |
| 0,040 | - | 1,099 | - |
| 0,050 | - | 1,084 | 1,080 |
| 0,060 | - | 1,068 | - |
| 0,070 | - | 1,052 | - |
| 0,080 | - | 1,035 | - |
| 0,100 | - | 1,002 | - |
| 0,120 | - | 0,971 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,37% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.31 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior (3/12).

| Espessura da alvenaria = 19, cm e espessura da laje = 30 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,197 | - |
| 0,040 | - | 1,181 | - |
| 0,050 | - | 1,165 | 1,160 |
| 0,060 | - | 1,148 | - |
| 0,700 | - | 1,131 | - |
| 0,080 | - | 1,113 | - |
| 0,100 | - | 1,079 | - |
| 0,120 | - | 1,046 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,43% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 19, cm e espessura da laje = 32 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,251 | - |
| 0,040 | - | 1,234 | - |
| 0,050 | - | 1,217 | 1,210 |
| 0,060 | - | 1,200 | - |
| 0,700 | - | 1,182 | - |
| 0,080 | - | 1,164 | - |
| 0,100 | - | 1,129 | - |
| 0,120 | - | 1,094 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,58% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 19, cm e espessura da laje = 35 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,329 | - |
| 0,040 | - | 1,312 | - |
| 0,050 | - | 1,294 | 1,290 |
| 0,060 | - | 1,276 | - |
| 0,700 | - | 1,257 | - |
| 0,080 | - | 1,238 | - |
| 0,100 | - | 1,201 | - |
| 0,120 | - | 1,166 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,31% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.32 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior (4/12).

| Espessura da alvenaria = 20, cm e espessura da laje = 15 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,735 | - |
| 0,040 | - | 0,726 | - |
| 0,050 | - | 0,716 | 0,720 |
| 0,060 | - | 0,705 | - |
| 0,700 | - | 0,693 | - |
| 0,080 | - | 0,682 | - |
| 0,100 | - | 0,658 | - |
| 0,120 | - | 0,634 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | 0,56% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 20, cm e espessura da laje = 17 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,799 | - |
| 0,040 | - | 0,790 | - |
| 0,050 | - | 0,779 | 0,780 |
| 0,060 | - | 0,767 | - |
| 0,700 | - | 0,755 | - |
| 0,080 | - | 0,742 | - |
| 0,100 | - | 0,717 | - |
| 0,120 | - | 0,692 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | 0,13% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 20, cm e espessura da laje = 20 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,893 | - |
| 0,040 | - | 0,882 | - |
| 0,050 | - | 0,870 | 0,870 |
| 0,060 | - | 0,857 | - |
| 0,700 | - | 0,844 | - |
| 0,080 | - | 0,830 | - |
| 0,100 | - | 0,803 | - |
| 0,120 | - | 0,776 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | 0,00% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.33 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior (5/12).

| Espessura da alvenaria = 20, cm e espessura da laje = 22 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,953 | - |
| 0,040 | - | 0,941 | - |
| 0,050 | - | 0,929 | 0,930 |
| 0,060 | - | 0,915 | - |
| 0,070 | - | 0,901 | - |
| 0,080 | - | 0,887 | - |
| 0,100 | - | 0,858 | - |
| 0,120 | - | 0,830 | - |

| Espessura da alvenaria = 20, cm e espessura da laje = 25 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,040 | - |
| 0,040 | - | 1,027 | - |
| 0,050 | - | 1,013 | 1,010 |
| 0,060 | - | 0,999 | - |
| 0,070 | - | 0,984 | - |
| 0,080 | - | 0,969 | - |
| 0,100 | - | 0,939 | - |
| 0,120 | - | 0,909 | - |

| Espessura da alvenaria = 20, cm e espessura da laje = 27 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,096 | - |
| 0,040 | - | 1,083 | - |
| 0,050 | - | 1,068 | 1,060 |
| 0,060 | - | 1,053 | - |
| 0,070 | - | 1,038 | - |
| 0,080 | - | 1,022 | - |
| 0,100 | - | 0,990 | - |
| 0,120 | - | 0,960 | - |

| Espessura da alvenaria = 20, cm e espessura da laje = 30 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,178 | - |
| 0,040 | - | 1,163 | - |
| 0,050 | - | 1,148 | 1,140 |
| 0,060 | - | 1,132 | - |
| 0,070 | - | 1,116 | - |
| 0,080 | - | 1,099 | - |
| 0,100 | - | 1,066 | - |
| 0,120 | - | 1,034 | - |

| Espessura da alvenaria = 20, cm e espessura da laje = 32 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,231 | - |
| 0,040 | - | 1,216 | - |
| 0,050 | - | 1,200 | 1,190 |
| 0,060 | - | 1,183 | - |
| 0,070 | - | 1,166 | - |
| 0,080 | - | 1,149 | - |
| 0,100 | - | 1,115 | - |
| 0,120 | - | 1,082 | - |

| Espessura da alvenaria = 20, cm e espessura da laje = 35 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,308 | - |
| 0,040 | - | 1,292 | - |
| 0,050 | - | 1,276 | 1,270 |
| 0,060 | - | 1,258 | - |
| 0,070 | - | 1,240 | - |
| 0,080 | - | 1,222 | - |
| 0,100 | - | 1,187 | - |
| 0,120 | - | 1,152 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | 0,11% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,30% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,75% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,70% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,83% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,47% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.34 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior (6/12).

| Espessura da alvenaria = 22, cm e espessura da laje = 15 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,712 | - |
| 0,040 | - | 0,705 | - |
| 0,050 | - | 0,697 | 0,700 |
| 0,060 | - | 0,688 | - |
| 0,070 | - | 0,677 | - |
| 0,080 | - | 0,667 | - |
| 0,100 | - | 0,644 | - |
| 0,120 | - | 0,622 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | 0,43% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22, cm e espessura da laje = 17 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,775 | - |
| 0,040 | - | 0,767 | - |
| 0,050 | - | 0,758 | 0,760 |
| 0,060 | - | 0,748 | - |
| 0,070 | - | 0,737 | - |
| 0,080 | - | 0,726 | - |
| 0,100 | - | 0,702 | - |
| 0,120 | - | 0,679 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | 0,26% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22, cm e espessura da laje = 20 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,865 | - |
| 0,040 | - | 0,856 | - |
| 0,050 | - | 0,846 | 0,840 |
| 0,060 | - | 0,835 | - |
| 0,070 | - | 0,823 | - |
| 0,080 | - | 0,811 | - |
| 0,100 | - | 0,786 | - |
| 0,120 | - | 0,761 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,71% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22, cm e espessura da laje = 22 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,923 | - |
| 0,040 | - | 0,914 | - |
| 0,050 | - | 0,903 | 0,900 |
| 0,060 | - | 0,891 | - |
| 0,070 | - | 0,879 | - |
| 0,080 | - | 0,866 | - |
| 0,100 | - | 0,839 | - |
| 0,120 | - | 0,813 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,33% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22, cm e espessura da laje = 25 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,007 | - |
| 0,040 | - | 0,997 | - |
| 0,050 | - | 0,986 | 0,980 |
| 0,060 | - | 0,973 | - |
| 0,070 | - | 0,959 | - |
| 0,080 | - | 0,945 | - |
| 0,100 | - | 0,917 | - |
| 0,120 | - | 0,890 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,61% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22, cm e espessura da laje = 27 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,062 | - |
| 0,040 | - | 1,051 | - |
| 0,050 | - | 1,039 | 1,030 |
| 0,060 | - | 1,025 | - |
| 0,070 | - | 1,011 | - |
| 0,080 | - | 0,997 | - |
| 0,100 | - | 0,968 | - |
| 0,120 | - | 0,939 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,87% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.35 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior (7/12).

| Espessura da alvenaria = 22, cm e espessura da laje = 30 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,142 | - |
| 0,040 | - | 1,130 | - |
| 0,050 | - | 1,116 | 1,110 |
| 0,060 | - | 1,102 | - |
| 0,700 | - | 1,087 | - |
| 0,080 | - | 1,072 | - |
| 0,100 | - | 1,042 | - |
| 0,120 | - | 1,011 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,54% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22, cm e espessura da laje = 32 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,193 | - |
| 0,040 | - | 1,181 | - |
| 0,050 | - | 1,167 | 1,160 |
| 0,060 | - | 1,152 | - |
| 0,700 | - | 1,137 | - |
| 0,080 | - | 1,121 | - |
| 0,100 | - | 1,089 | - |
| 0,120 | - | 1,058 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,60% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 22, cm e espessura da laje = 35 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,269 | - |
| 0,040 | - | 1,255 | - |
| 0,050 | - | 1,240 | 1,230 |
| 0,060 | - | 1,225 | - |
| 0,700 | - | 1,209 | - |
| 0,080 | - | 1,192 | - |
| 0,100 | - | 1,159 | - |
| 0,120 | - | 1,127 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,81% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.36 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior (8/12).

| Espessura da alvenaria = 24, cm e espessura da laje = 15 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,686 | - |
| 0,040 | - | 0,680 | - |
| 0,050 | - | 0,674 | 0,670 |
| 0,060 | - | 0,665 | - |
| 0,700 | - | 0,656 | - |
| 0,080 | - | 0,647 | - |
| 0,100 | - | 0,626 | - |
| 0,120 | - | 0,606 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,59% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 24, cm e espessura da laje = 17 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,746 | - |
| 0,040 | - | 0,740 | - |
| 0,050 | - | 0,733 | 0,730 |
| 0,060 | - | 0,724 | - |
| 0,700 | - | 0,714 | - |
| 0,080 | - | 0,704 | - |
| 0,100 | - | 0,683 | - |
| 0,120 | - | 0,661 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,41% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 24, cm e espessura da laje = 20 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,834 | - |
| 0,040 | - | 0,827 | - |
| 0,050 | - | 0,819 | 0,820 |
| 0,060 | - | 0,809 | - |
| 0,700 | - | 0,798 | - |
| 0,080 | - | 0,787 | - |
| 0,100 | - | 0,764 | - |
| 0,120 | - | 0,741 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | 0,12% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.37 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior (9/12).

| Espessura da alvenaria = 24, cm e espessura da laje = 22 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,891 | - |
| 0,040 | - | 0,883 | - |
| 0,050 | - | 0,874 | 0,870 |
| 0,060 | - | 0,863 | - |
| 0,070 | - | 0,852 | - |
| 0,080 | - | 0,840 | - |
| 0,100 | - | 0,816 | - |
| 0,120 | - | 0,792 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,46% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 24, cm e espessura da laje = 25 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,973 | - |
| 0,040 | - | 0,964 | - |
| 0,050 | - | 0,954 | 0,950 |
| 0,060 | - | 0,943 | - |
| 0,070 | - | 0,931 | - |
| 0,080 | - | 0,918 | - |
| 0,100 | - | 0,892 | - |
| 0,120 | - | 0,867 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,42% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 24, cm e espessura da laje = 27 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,026 | - |
| 0,040 | - | 1,017 | - |
| 0,050 | - | 1,006 | 1,000 |
| 0,060 | - | 0,994 | - |
| 0,070 | - | 0,981 | - |
| 0,080 | - | 0,968 | - |
| 0,100 | - | 0,942 | - |
| 0,120 | - | 0,915 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,60% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 24, cm e espessura da laje = 30 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,104 | - |
| 0,040 | - | 1,093 | - |
| 0,050 | - | 1,082 | 1,070 |
| 0,060 | - | 1,069 | - |
| 0,070 | - | 1,056 | - |
| 0,080 | - | 1,042 | - |
| 0,100 | - | 1,013 | - |
| 0,120 | - | 0,985 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -1,11% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 24, cm e espessura da laje = 32 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,154 | - |
| 0,040 | - | 1,143 | - |
| 0,050 | - | 1,131 | 1,120 |
| 0,060 | - | 1,118 | - |
| 0,070 | - | 1,104 | - |
| 0,080 | - | 1,089 | - |
| 0,100 | - | 1,060 | - |
| 0,120 | - | 1,031 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,97% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 24, cm e espessura da laje = 35 cm | | | |
|---|---|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m ² °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,228 | - |
| 0,040 | - | 1,216 | - |
| 0,050 | - | 1,203 | 1,190 |
| 0,060 | - | 1,189 | - |
| 0,070 | - | 1,174 | - |
| 0,080 | - | 1,159 | - |
| 0,100 | - | 1,129 | - |
| 0,120 | - | 1,098 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -1,08% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.38 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior (10/12).

| Espessura da alvenaria = 25, cm e espessura da laje = 15 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,676 | - |
| 0,040 | - | 0,672 | - |
| 0,050 | - | 0,665 | 0,660 |
| 0,060 | - | 0,658 | - |
| 0,070 | - | 0,649 | - |
| 0,080 | - | 0,640 | - |
| 0,100 | - | 0,621 | - |
| 0,120 | - | 0,601 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,75% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25, cm e espessura da laje = 17 cm | | | |
|---|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,736 | - |
| 0,040 | - | 0,731 | - |
| 0,050 | - | 0,724 | 0,720 |
| 0,060 | - | 0,716 | - |
| 0,070 | - | 0,707 | - |
| 0,080 | - | 0,697 | - |
| 0,100 | - | 0,676 | - |
| 0,120 | - | 0,655 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,55% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 20 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,822 | - |
| 0,040 | - | 0,816 | - |
| 0,050 | - | 0,808 | 0,800 |
| 0,060 | - | 0,799 | - |
| 0,070 | - | 0,789 | - |
| 0,080 | - | 0,779 | - |
| 0,100 | - | 0,756 | - |
| 0,120 | - | 0,734 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,99% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 22 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,878 | - |
| 0,040 | - | 0,871 | - |
| 0,050 | - | 0,863 | 0,860 |
| 0,060 | - | 0,853 | - |
| 0,070 | - | 0,843 | - |
| 0,080 | - | 0,831 | - |
| 0,100 | - | 0,808 | - |
| 0,120 | - | 0,785 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,35% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 25 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,959 | - |
| 0,040 | - | 0,951 | - |
| 0,050 | - | 0,942 | 0,940 |
| 0,060 | - | 0,931 | - |
| 0,070 | - | 0,920 | - |
| 0,080 | - | 0,908 | - |
| 0,100 | - | 0,883 | - |
| 0,120 | - | 0,858 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,21% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 27 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de Ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,011 | - |
| 0,040 | - | 1,003 | - |
| 0,050 | - | 0,993 | 0,990 |
| 0,060 | - | 0,982 | - |
| 0,070 | - | 0,970 | - |
| 0,080 | - | 0,957 | - |
| 0,100 | - | 0,932 | - |
| 0,120 | - | 0,906 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,30% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.39 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior (11/12).

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 30 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,088 | - |
| 0,040 | - | 1,078 | - |
| 0,050 | - | 1,068 | 1,060 |
| 0,060 | - | 1,056 | - |
| 0,700 | - | 1,043 | - |
| 0,080 | - | 1,030 | - |
| 0,100 | - | 1,003 | - |
| 0,120 | - | 0,976 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,75% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 32 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,138 | - |
| 0,040 | - | 1,128 | - |
| 0,050 | - | 1,116 | 1,110 |
| 0,060 | - | 1,104 | - |
| 0,700 | - | 1,091 | - |
| 0,080 | - | 1,077 | - |
| 0,100 | - | 1,049 | - |
| 0,120 | - | 1,021 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,54% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 35 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 1,210 | - |
| 0,040 | - | 1,199 | - |
| 0,050 | - | 1,187 | 1,180 |
| 0,060 | - | 1,174 | - |
| 0,700 | - | 1,160 | - |
| 0,080 | - | 1,146 | - |
| 0,100 | - | 1,116 | - |
| 0,120 | - | 1,087 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | - |
| 0,040 | - |
| 0,050 | -0,59% |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.40 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento intermédio. Paredes simples isoladas pelo interior (12/12).

A.4 Resultados dos valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento exterior

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 15 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | 0,095 | 0,088 | 0,090 |
| 0,040 | - | 0,075 | - |
| 0,050 | - | 0,066 | - |
| 0,060 | - | 0,060 | - |
| 0,700 | - | 0,055 | - |
| 0,080 | - | 0,051 | - |
| 0,100 | - | 0,046 | - |
| 0,120 | - | 0,042 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | 2,27% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 17 cm | | | |
|--|----------------------------|---------|------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m °C)] | | |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons |
| 0,030 | - | 0,089 | 0,090 |
| 0,040 | - | 0,075 | - |
| 0,050 | - | 0,066 | - |
| 0,060 | - | 0,060 | - |
| 0,700 | - | 0,055 | - |
| 0,080 | - | 0,051 | - |
| 0,100 | - | 0,046 | - |
| 0,120 | - | 0,042 | - |

| Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|----------------------|
| Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| 0,030 | 1,12% |
| 0,040 | - |
| 0,050 | - |
| 0,060 | - |
| 0,070 | - |
| 0,080 | - |
| 0,100 | - |
| 0,120 | - |

Figura A.41 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento exterior isolada pelo interior com parede simples em alvenaria de tijolo (1/2).

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 20 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|--|---------|------------------|--|----------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² ·°C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | - | 0,090 | 0,090 | 0,030 | 0,00% |
| 0,040 | - | 0,076 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,067 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,060 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,055 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,052 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,046 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,042 | - | 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 22 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|--|---------|------------------|--|----------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² ·°C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | - | 0,090 | 0,090 | 0,030 | 0,00% |
| 0,040 | - | 0,076 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,067 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,060 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,055 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,052 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,046 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,042 | - | 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 25 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|--|---------|------------------|--|----------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² ·°C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | - | 0,091 | 0,090 | 0,030 | -1,10% |
| 0,040 | - | 0,077 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,068 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,061 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,056 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,052 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,046 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,042 | - | 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 27 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|--|---------|------------------|--|----------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² ·°C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | - | 0,092 | 0,090 | 0,030 | -2,17% |
| 0,040 | - | 0,078 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,068 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,061 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,056 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,052 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,046 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,042 | - | 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 30 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|--|---------|------------------|--|----------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² ·°C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | - | 0,094 | 0,090 | 0,030 | -4,26% |
| 0,040 | - | 0,079 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,069 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,062 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,056 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,052 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,047 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,043 | - | 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 32 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|--|---------|------------------|--|----------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² ·°C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | - | 0,095 | 0,090 | 0,030 | -5,26% |
| 0,040 | - | 0,079 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,069 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,062 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,057 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,053 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,047 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,043 | - | 0,120 | - |

| Espessura da alvenaria = 25 cm e espessura da laje = 35 cm | | | | Variação percentual entre os valores de ψ | |
|--|--|---------|------------------|--|----------------------|
| Espessura da Camada de Isolamento [m] | Valor de ψ [W/(m ² ·°C)] | | | Espessura da camada de Isolamento [m] | UCanPsi vs. Catálogo |
| | THERM | UCanPsi | Catálogo Itecons | | |
| 0,030 | - | 0,097 | 0,100 | 0,030 | 3,09% |
| 0,040 | - | 0,080 | - | 0,040 | - |
| 0,050 | - | 0,070 | - | 0,050 | - |
| 0,060 | - | 0,063 | - | 0,060 | - |
| 0,070 | - | 0,057 | - | 0,070 | - |
| 0,080 | - | 0,053 | - | 0,080 | - |
| 0,100 | - | 0,047 | - | 0,100 | - |
| 0,120 | - | 0,043 | - | 0,120 | - |

Figura A.42 - Valores de ψ para ligação entre fachada e pavimento exterior isolada pelo interior com parede simples em alvenaria de tijolo (2/2).

ANEXO B – Cálculo das pontes térmicas lineares

B.1 Resultados dos valores de $U_{\text{PainelGlobal}}$ para grupos de portas com vidro melhorado termicamente ($U_g=0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Tabela B.1 - Valores do U_p e do $U_{\text{PainelGlobal}}$ para os diferentes grupos de portas com vidro melhorado termicamente. Grupos a vermelho representam portas sem elemento decorativo e grupos a verde representam portas com elemento decorativo.

| Esp. Painel (mm) | Esp. Chapas alu (mm) | Area de vidro (m ²) | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|---------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 0 | 0 (Arredonda-do) | 0,0 - 0,1 | 0,1 - 0,2 | 0,2 - 0,3 | 0,3 - 0,4 | 0,4 - 0,5 | 0,5 - 0,6 | 0,6 - 0,7 | 0,7 - 0,9 |
| 20 | 1,5 | 1,492 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| | 1,7 | 1,519 | 1,5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 20 | 1,5 | 1,492 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| | 1,7 | 1,519 | 1,5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 24 | 1,5 | 1,270 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| | 1,7 | 1,289 | 1,3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 24 | 1,5 | 1,270 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| | 1,7 | 1,289 | 1,3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | 1,5 | 1,105 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| | 1,7 | 1,119 | 1,1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | 1,5 | 1,105 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| | 1,7 | 1,119 | 1,1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 32 | 1,5 | 0,978 | 0,98 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| | 1,7 | 0,989 | 0,99 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 32 | 1,5 | 0,978 | 0,98 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| | 1,7 | 0,989 | 0,99 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 36 | 1,5 | 0,877 | 0,88 | 0,96 | 0,99 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| | 1,7 | 0,886 | 0,89 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 36 | 1,5 | 0,877 | 0,88 | 0,96 | 0,99 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| | 1,7 | 0,886 | 0,89 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 40 | 1,5 | 0,795 | 0,80 | 0,88 | 0,92 | 0,95 | 0,98 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 |
| | 1,7 | 0,802 | 0,80 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 40 | 1,5 | 0,795 | 0,80 | 0,88 | 0,92 | 0,95 | 0,97 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 |
| | 1,7 | 0,802 | 0,80 | - | - | - | - | - | - | - | - |

U_p [W/(m²K)]

$U_{\text{PainelGlobal}}$ [W/(m²K)]

B.2 Resultados dos valores de $U_{\text{PainelGlobal}}$ para grupos de portas com vidros onde se variou a caixa-de-ar

Tabela B.2 - Valores do U_P e do $U_{\text{PainelGlobal}}$ para os diferentes grupos de portas com vidro melhorado termicamente. Grupos a vermelho representam portas sem elemento decorativo e grupos a verde representam portas com elemento decorativo.

| Esp. Painel (mm) | Esp. Chapas alu (mm) | Area de vidro (m ²) | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|---------------------------------|------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------------------|
| | | 0 | 0 (Arredonda-do) | 0,0 - 0,1 | 0,1 - 0,2 | 0,2 - 0,3 | 0,3 - 0,4 | 0,4 - 0,5 | 0,5 - 0,6 | 0,6 - 0,7 | 0,7 - 0,9 | |
| 20 | 1,5 | 1,492 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,4 | $U_g=3,0$ W/m ² K |
| | 1,7 | 1,519 | 1,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 20 | 1,5 | 1,492 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,4 | $U_g=3,0$ W/m ² K |
| | 1,7 | 1,519 | 1,5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 24 | 1,5 | 1,270 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,3 | $U_g=3,1$ W/m ² K |
| | 1,7 | 1,289 | 1,3 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 24 | 1,5 | 1,270 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,3 | $U_g=3,1$ W/m ² K |
| | 1,7 | 1,289 | 1,3 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 28 | 1,5 | 1,105 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | $U_g=3,0$ W/m ² K |
| | 1,7 | 1,119 | 1,1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 28 | 1,5 | 1,105 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | $U_g=3,0$ W/m ² K |
| | 1,7 | 1,119 | 1,1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 32 | 1,5 | 0,978 | 0,98 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 2,1 | $U_g=3,0$ W/m ² K |
| | 1,7 | 0,989 | 0,99 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 32 | 1,5 | 0,978 | 0,98 | 1,1 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 2,1 | $U_g=3,0$ W/m ² K |
| | 1,7 | 0,989 | 0,99 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 36 | 1,5 | 0,877 | 0,88 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | $U_g=2,7$ W/m ² K |
| | 1,7 | 0,886 | 0,89 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 36 | 1,5 | 0,877 | 0,88 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | $U_g=2,7$ W/m ² K |
| | 1,7 | 0,886 | 0,89 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 40 | 1,5 | 0,795 | 0,80 | 0,92 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | $U_g=2,7$ W/m ² K |
| | 1,7 | 0,802 | 0,80 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| 40 | 1,5 | 0,795 | 0,80 | 0,92 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | $U_g=2,7$ W/m ² K |
| | 1,7 | 0,802 | 0,80 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |

U_p [W/(m²K)]
 $U_{\text{PainelGlobal}}$ [W/(m²K)]

Tabela B.3 - Valores do U_P e do $U_{\text{PainelGlobal}}$ para os diferentes grupos de portas com vidro melhorado termicamente. Grupos a vermelho representam portas sem elemento decorativo e grupos a verde representam portas com elemento decorativo.

| Esp. Painel (mm) | Esp. Chapas alu (mm) | Area de vidro (m ²) | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|---------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|---------------------------------|
| | | 0 | 0 (Arredonda-do) | 0,0 - 0,1 | 0,1 - 0,2 | 0,2 - 0,3 | 0,3 - 0,4 | 0,4 - 0,5 | 0,5 - 0,6 | 0,6 - 0,7 | 0,7 - 0,9 | |
| 20 | 1,5 | 1,492 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | $U_g=1,6$ W/m ² K |
| | 1,7 | 1,519 | 1,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 20 | 1,5 | 1,492 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | $U_g=1,6$ W/m ² K |
| | 1,7 | 1,519 | 1,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 24 | 1,5 | 1,270 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | $U_g=1,6$ W/m ² K |
| | 1,7 | 1,289 | 1,3 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 24 | 1,5 | 1,270 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | $U_g=1,6$ W/m ² K |
| | 1,7 | 1,289 | 1,3 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 28 | 1,5 | 1,105 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | $U_g=1,4$ W/m ² K |
| | 1,7 | 1,119 | 1,1 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 28 | 1,5 | 1,105 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | $U_g=1,4$ W/m ² K |
| | 1,7 | 1,119 | 1,1 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 32 | 1,5 | 0,978 | 0,98 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | $U_g=1,1$ W/m ² K |
| | 1,7 | 0,989 | 0,99 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 32 | 1,5 | 0,978 | 0,98 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | $U_g=1,1$ W/m ² K |
| | 1,7 | 0,989 | 0,99 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 36 | 1,5 | 0,877 | 0,88 | 0,94 | 0,97 | 0,99 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | $U_g=1,0$ W/m ² K |
| | 1,7 | 0,886 | 0,89 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 36 | 1,5 | 0,877 | 0,88 | 0,94 | 0,97 | 0,99 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | $U_g=1,0$ W/m ² K |
| | 1,7 | 0,886 | 0,89 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 40 | 1,5 | 0,795 | 0,80 | 0,85 | 0,89 | 0,92 | 0,95 | 0,98 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | $U_g=1,1$ W/m ² K |
| | 1,7 | 0,802 | 0,80 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 40 | 1,5 | 0,795 | 0,80 | 0,85 | 0,89 | 0,92 | 0,95 | 0,98 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | $U_g=1,1$ W/m ² K |
| | 1,7 | 0,802 | 0,80 | - | - | - | - | - | - | - | - | |

U_p [W/(m²K)]
 $U_{\text{PainelGlobal}}$ [W/(m²K)]