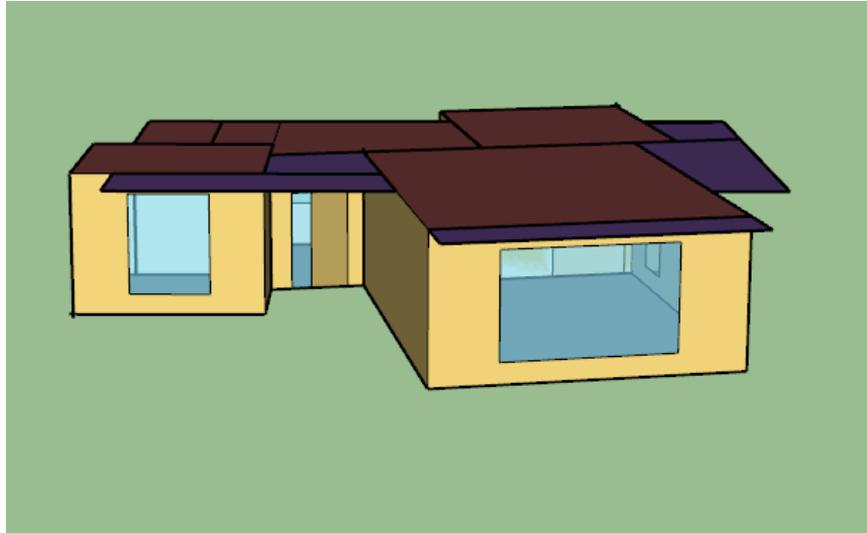




**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia Mecânica**

**ISEL**



## **Análise da Influência das Superfícies Envidraçadas na Eficiência Energética**

**GUILHERME FIGUEIREDO VIDIGAL**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

**Orientadores:**

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca  
Doutor Fernando Paulo Neves da Fonseca Cardoso Carreira

**Júri:**

Presidente: Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes

Vogais:

Doutor Nuno Ricardo Piedade Antunes Serra  
Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

**abril 2022**





**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia Mecânica**

**ISEL**

# **Análise da Influência das Superfícies Envidraçadas na Eficiência Energética**

**GUILHERME FIGUEIREDO VIDIGAL**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

**Orientadores:**

Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca  
Doutor Fernando Paulo Neves da Fonseca Cardoso Carreira

**Júri:**

Presidente: Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes

Vogais:

Doutor Nuno Ricardo Piedade Antunes Serra  
Doutora Cláudia Sofia Séneca da Luz Casaca

**abril 2022**

*Esta página foi deixada em branco propositadamente*  
*This page was left in blank intentionally*

## **Agradecimentos**

A realização desta dissertação de mestrado contou com importantes apoios e incentivos sem os quais não se teria tornado realidade e aos quais estarei eternamente grato.

À Professora Cláudia Casaca, pela sua orientação, por me ter dado a oportunidade de realizar este trabalho, pela sua disponibilidade, apoio, recomendações e conhecimentos partilhados, não só durante a dissertação como também nos anos em que foi minha professora.

Ao Professor Fernando Carreira, pela sua orientação, disponibilidade, opiniões e críticas. As suas recomendações foram fundamentais para a elaboração da presente dissertação.

Por último, tendo consciência que sozinho nada disto teria sido possível alcançar, um agradecimento especial aos meus pais, Alberto Vidigal e Maria Clarinda Figueiredo, por serem os modelos de coragem, dedicação e superação. Ao meu irmão, Diogo Vidigal, pela amizade, força e ajuda na superação dos obstáculos. A eles dedico este trabalho!

*Esta página foi deixada em branco propositadamente*  
*This page was left in blank intentionally*

## Resumo

As superfícies envidraças representam uma parte importante da envolvente de um edifício, sendo zonas propícias à ocorrência de grandes trocas de calor. Com a tendência crescente da utilização de superfícies envidraças na construção dos edifícios, estas representam, cada vez mais, um contributo significativo na energia consumida. Assim, torna-se imprescindível avaliar a influência que o tipo de vidro tem nas diferentes orientações do edifício, assim como o efeito dos elementos construtivos.

O presente trabalho pretende estudar o comportamento térmico do edifício, na estação de arrefecimento e de aquecimento, com recurso ao programa de simulação dinâmica *EnergyPlus*, recorrendo à modelação energética e geométrica realizada no *OpenStudio* e *SketchUp*, respetivamente. Apresenta-se o estudo de várias simulações considerando superfícies envidraçadas com coeficientes global de transmissão térmica e de fatores solar diferentes, de modo a avaliar a influência das duas características do vidro. A análise da influência do primeiro parâmetro foi obtida com valores de 5,7; 5,2; 1,4 e 1,3 W/m<sup>2</sup>.°C para um alto fator solar (0,78) e para um baixo (0,23). A análise do fator solar considerou os valores 0,61; 0,47; 0,35 e 0,23, mantendo o coeficiente de transmissão térmica igual a 2,7 W/m<sup>2</sup>.°C. Estas análises concluíram que, para o edifício em estudo, o vidro ideal tem um coeficiente de transmissão térmica de 1,3 W/m<sup>2</sup>. °C e um fator solar de 0,35.

Foi ainda estudado a influência dos elementos construtivos horizontais e verticais no comportamento térmico dos espaços, na orientação Este e Sul do edifício. Desta análise, observou-se os elementos de sombreamento horizontais permitem reduzir os ganhos no verão em 69% e 62%, respetivamente.

Finalmente, foi realizado uma análise económica considerando 3 vidros duplos com coeficientes globais de transmissão térmica e de fatores solar diferentes. Com este estudo, pretende-se analisar os custos em investimento e energia necessária para climatização, associados a cada vidro.

Palavras-chave: Superfície envidraçada, vidros, sombreamento, fator solar, coeficiente de transmissão térmica, consumo energético

*Esta página foi deixada em branco propositadamente*  
*This page was left in blank intentionally*

## Abstract

The glazed surfaces represent an important part of the building's envelope, being favorable zones for the occurrence of large heat's exchanges. With the increasing trend in the use of glazed surfaces in construction of buildings, they can increasingly represent a significant portion of the building's energy consumption. Thus, it's essential to evaluate the influence that the type of glass has on the different orientations of the building, as well as the effect of the constructive elements.

This work intends to study the thermal behavior of the building, in the cooling and heating season, using the dynamic simulation program *EnergyPlus*, using the energy and geometric modeling performed in *OpenStudio* and *SketchUp*, respectively. It presents the study of several simulations considering glazed surfaces with overall heat transfer coefficient and different solar factors, to evaluate the influence of the two characteristics of the glass. The analysis of the influence of the first parameter was obtained with values of 5,7; 5,2; 1,4 and 1,3 W/m<sup>2</sup>.°C for a high solar factor (0,78) and for a low one (0,23). The solar factor analysis considered the values 0,61; 0,47; 0,35 and 0,23, keeping the thermal transmission coefficient equal to 2,7 W/m<sup>2</sup>.°C. These analyses concluded that for the building under study, the ideal glass has a thermal transmission coefficient of 1,3 W/m<sup>2</sup>. °C and a solar factor of 0,35.

The influence of horizontal and vertical construction elements in the East and South orientation, on the thermal behavior of the spaces was also studied. From this analysis, the horizontal shading devices were observed to reduce summer heat gains by 69% and 62%, respectively.

Finally, an economic analysis was carried out, considering 3 double glasses with global thermal transmission coefficients and different solar factors. This study aims to analyze the investment and energy costs necessary for climatization, associated to each glass.

Keywords: glazed surface, shading, solar heat gain, thermal transmission coefficient, energy consumption

*Esta página foi deixada em branco propositadamente*  
*This page was left in blank intentionally*

## Nomenclatura

$A_f$	Área da caixilharia visível	[m <sup>2</sup> ]
$A_g$	Área do vidro visível	[m <sup>2</sup> ]
$A_p$	Área interior útil de pavimento	[m <sup>2</sup> ]
$A_{sup}$	Área da superfície perpendicular ao fluxo	[m <sup>2</sup> ]
$A_{transf}$	Área de transferência perpendicular ao fluxo	[m <sup>2</sup> ]
$C_{exp}$	Custo de exploração	[€/ano]
$C_{energia}$	Custo da energia elétrica	[€/kWh]
$dT$	Diferença de temperatura entre duas posições do material	[°C]
$dx$	Distância do corpo na direção x	[m]
$E$	Poder emissivo	[W/m <sup>2</sup> ]
$EF_{ic}$	Energia elétrica necessária para aquecimento	[kWh/ano]
$EF_{vc}$	Energia elétrica necessária para arrefecimento	[kWh/ano]
$G_{CS}$	Constante solar	[W/m <sup>2</sup> ]
$h$	Coeficiente de transferência de calor por convecção	[W/m <sup>2</sup> .°C]
$HR$	Humidade relativa	[%]
$I$	Intensidade de radiação solar	[W/m <sup>2</sup> ]
$I_r$	Isolamento térmico do vestuário	[m <sup>2</sup> .°C/W]
$k$	Condutividade térmica do material	[W/m.°C]
$L_f$	Perímetro do vidro visível	[m <sup>2</sup> ]
$M$	Taxa de metabolismo	[W/m <sup>2</sup> ]
$q$	Fluxo de calor por convecção	[W/m <sup>2</sup> ]
$Q_{cond}$	Taxa de transferência de calor por condução	[W]
$Q_{conv}$	Taxa de transferência de calor por convecção	[W]
$R$	Resistência térmica	[m <sup>2</sup> .°C/W]
$t_a$	Temperatura do ar	[°C]
$T_{abs}$	Temperatura absoluta	[K]
$t_{a,l}$	Temperatura do ar local	[°C]
$t_{ext}$	Temperatura exterior	[°C]
$t_{in}$	Temperatura interior	[°C]

$t_r$	Temperatura radiante	[°C]
$T_s$	Temperatura da superfície sólida	[°C]
$T_u$	Turbulência do ar local	[Adimensional]
$T_\infty$	Temperatura do fluido	[°C]
$U$	Coeficiente de transmissão térmica	[W/m <sup>2</sup> .°C]
$U_f$	Coeficiente de transmissão térmica da caixilharia	[W/m <sup>2</sup> .°C]
$U_g$	Coeficiente de transmissão térmica do vidro	[W/m <sup>2</sup> .°C]
$U_w$	Coeficiente global de transmissão térmica da janela	[W/m <sup>2</sup> .°C]
$v_a$	Velocidade do ar	[m/s]
$v_{a,l}$	Velocidade do ar local	[m/s]
$W_{vm}$	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores	[kWh/ano]
$\delta$	Declinação solar	[°]
$\Delta C_{exp}$	Poupança anual resultante da alternativa mais eficiente	[€/ano]
$\Delta t$	Diferença de temperatura vertical	[°C]
$\Delta t_r$	Assimetria radiante	[°C]
$\varepsilon$	Emissividade da superfície	[Adimensional]
$\rho$	Massa específica	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\sigma$	Constante de Stefan-Boltzman	[W/m <sup>2</sup> .K <sup>-4</sup> ]
$\Psi$	Coeficiente de transmissão térmica linear no bordo do vidro	[W/m.K]

## Acrónimos

ASE	Exposição Anual Solar ( <i>Annual Sunlight Exposure</i> )
ASHRAE	Sociedade Americana do Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado ( <i>American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers</i> )
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CBDM	Modelagem de luz natural com base no clima ( <i>Climate-Based Daylight Modeling</i> )
COP	Coeficiente de desempenho ( <i>Coefficient of Performance</i> )
DA	<i>Daylight Autonomy</i>
EER	Índice de eficiência energética ( <i>Energy Efficiency Ratio</i> )
HAP	Hourly Analysis Program
PMV	Voto médio previsto ( <i>Predicted Mean Vote</i> )
PPD	Porcentagem Previsível de Insatisfeitos ( <i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i> )
RCCTE	Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
sDA	<i>Spatial Daylight Autonomy</i>
SHG	Fator solar ( <i>Solar Heat Gain</i> )
UDI	<i>Useful Daylight Illuminance</i>
VRF	Fluído Refrigerante Variável ( <i>Variable Refrigerant Flow</i> )
WWR	Relação Parede-Janela ( <i>Window-to-Wall-Ratio</i> )

*Esta página foi deixada em branco propositadamente*  
*This page was left in blank intentionally*

# Índice

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	iii
Abstract.....	v
Nomenclatura.....	vii
Acrónimos .....	ix
Índice de figuras .....	xv
Índice de tabelas .....	xix
1. Introdução .....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Estrutura da dissertação .....	3
2. Fundamentos teóricos .....	5
2.1. Conforto.....	5
2.1.1. Conforto térmico .....	5
2.1.2. Conforto visual .....	9
2.2. Superfícies envidraçadas .....	10
2.2.1. Transferência de calor .....	11
2.2.1.1. Condução.....	11
2.2.1.2. Convecção .....	12
2.2.1.3. Radiação .....	13
2.2.1.3.1. Influência da orientação do sol .....	15
2.2.2. Desempenho térmico e lúmnico .....	18
2.2.2.1. Coeficiente de transmissão luminosa .....	19
2.2.2.2. Coeficiente de transmissão térmica.....	19
2.2.2.3. Fator solar.....	20
2.2.3. Tipos de vidros .....	21
2.2.3.1. Vidro simples .....	21
2.2.3.2. Vidro duplo .....	22
2.2.3.3. Vidro duplo de baixa emissividade .....	23
2.2.4. Tipos de caixilharia .....	25
2.2.4.1. Madeira.....	26
2.2.4.2. PVC.....	26
2.2.4.3. Alumínio.....	26
2.2.5. Dispositivos de sombreamento.....	27
2.3. Programas de simulação dinâmica .....	29
2.3.1. Programas de simulação .....	30

2.3.1.1.	EnergyPlus .....	30
2.3.1.2.	Hourly Analysis Program (HAP) .....	31
2.3.2.	Programas de modelação e parametrização .....	31
2.3.2.1.	OpenStudio .....	32
2.3.2.2.	DesignBuilder .....	32
3.	Caso de estudo .....	35
3.1.	Descrição do caso de estudo .....	35
3.1.1.	Constituição das envolventes opacas .....	35
3.1.2.	Superfícies envidraçadas no edifício .....	38
3.1.3.	Ocupação e tipo de atividade .....	39
3.1.4.	Iluminação .....	39
3.1.5.	Infiltrações .....	40
3.1.6.	Sistema de AVAC .....	40
3.2.	Modelação do edifício e das cargas térmicas .....	41
3.2.1.	Modelação geométrica do edifício .....	42
3.2.1.1.	Orientação espacial .....	42
3.2.1.2.	Modelação das superfícies opacas .....	42
3.2.1.3.	Modelação de portas e superfícies envidraçadas .....	43
3.2.1.4.	Distinção envolventes interiores e exteriores .....	44
3.2.1.5.	Modelação dos elementos construtivos .....	45
3.2.2.	Desenvolvimento do modelo energético .....	46
3.2.2.1.	Localização e clima .....	46
3.2.2.2.	Modelação das envolventes opacas .....	46
3.2.2.3.	Superfícies envidraçadas .....	48
3.2.2.4.	Carga térmica e horários .....	49
3.2.2.5.	Sistemas de AVAC .....	50
3.2.2.6.	Definição das variáveis a observar .....	51
3.3.	Metodologia das simulações .....	51
4.	Simulação do fluxo de calor transferido nas superfícies envidraçadas .....	55
4.1.	Efeito do coeficiente de transmissão de calor .....	55
4.2.	Efeito do fator solar .....	66
4.3.	Efeito dos elementos construtivos .....	72
4.4.	Simulação com Carrier HAP .....	77
4.4.1.	Desenvolvimento do modelo .....	77
4.4.1.1.	Perfis de temperatura do local .....	77
4.4.1.2.	Perfis de radiação do local .....	79
4.4.1.3.	Modelo do edifício .....	80

4.4.1.4.	Cargas térmicas interiores .....	81
4.4.1.5.	Sistemas de climatização.....	81
4.4.2.	Resultados das simulações.....	82
4.5.	Estudo comparativo de diferentes superfícies envidraçadas .....	86
4.5.1.	Estudo dos ganhos e perdas energéticas anuais.....	86
4.5.2.	Custos de exploração das diferentes soluções .....	88
4.5.3.	Estudo de análise económica das diferentes soluções .....	91
5.	Conclusões e desenvolvimentos futuros .....	97
5.1.	Conclusões.....	97
5.2.	Desenvolvimentos futuros .....	99
	Referências .....	101
	Anexos .....	107
	Estudo do efeito do coeficiente de transmissão térmica (SHG = 0,23).....	107
	Estudo do efeito do coeficiente de transmissão térmica (SHG = 0,78).....	127
	Estudo do efeito do fator solar .....	147
	Estudo do efeito dos elementos construtivos .....	167
	Estudo da análise económica.....	176

*Esta página foi deixada em branco propositadamente*  
*This page was left in blank intentionally*

## Índice de figuras

Figura 1.1 – Consumo de energia final em Portugal [2, 3] .....	1
Figura 1.2 – Consumo de energia por setores (2010 vs 2020) [2, 3] .....	2
Figura 2.1 – Tipos de conforto térmico e os fatores que os influenciam .....	5
Figura 2.2 – Interação térmica do corpo humano com o meio ambiente .....	8
Figura 2.3 – PPD em função do PMV .....	8
Figura 2.4 – Representação esquemática da influência da atmosfera [35].....	15
Figura 2.5 – Estações do ano vs translação da Terra.....	16
Figura 2.6 – Variação das projeções solares [35].....	17
Figura 2.7 – Decomposição da radiação incidente num vidro [41].....	20
Figura 2.8 – Transferência de calor num vidro simples incolor vs colorido .....	21
Figura 2.9 – Ilustração de uma janela com vidro duplo .....	22
Figura 2.10 – Transferência de calor num vidro duplo incolor vs colorido .....	23
Figura 2.11 – Fluxos de energia num vidro de baixa emissividade [48].....	24
Figura 2.12 – Comparação dos vidros duplos de baixa emissividade .....	24
Figura 2.13 – Caixilharias de alumínio: a) sem e b) com corte térmico [57].....	27
Figura 2.14 – Sombreamento exterior e interior [60].....	28
Figura 2.15 – Sistemas de sombreamento a) horizontal; b) light shelves .....	29
Figura 2.16 – Programas e ferramentas possíveis de utilizar o EnergyPlus [70] .....	31
Figura 3.1 – Planta da moradia vista de cima.....	35
Figura 3.2 – Metodologia e parâmetros de simulação.....	41
Figura 3.3 – Verificação da orientação espacial: a) SketchUp; b) EnergyPlus.....	42
Figura 3.4 – Linha extra para tornar o hall com 4 lados (SketchUp) .....	43
Figura 3.5 – OpenStudio Inspector alterar tipo de porta ou superfície envidraçada .....	44
Figura 3.6 – Identificação das superfícies interiores e exteriores no SketchUp.....	45
Figura 3.7 – Elementos construtivos (SketchUp).....	45
Figura 3.8 – Criação material (OpenStudio) .....	47
Figura 3.9 – Parametrização da constituição da envolvente opaca (OpenStudio).....	48
Figura 3.10 – Parametrização do vidro (OpenStudio).....	49
Figura 3.11 – Parametrização cargas térmicas internas (OpenStudio).....	49
Figura 3.12 – Implementação horário ocupação e iluminação sala (OpenStudio).....	50
Figura 3.13 – Implementação do sistema VRF (OpenStudio).....	50
Figura 4.1 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Norte .....	56

Figura 4.2 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Nor-Nordeste .....	57
Figura 4.3 – Efeito U na temperatura interior do hall .....	58
Figura 4.4 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Este.....	59
Figura 4.5 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Sul .....	60
Figura 4.6 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Oeste .....	61
Figura 4.7 – Efeito U na temperatura interior da sala .....	62
Figura 4.8 – Efeito U na temperatura interior do escritório .....	63
Figura 4.9 – Efeito U na temperatura interior da cozinha .....	64
Figura 4.10 – Efeito U na temperatura interior da casa de banho .....	65
Figura 4.11 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Norte .....	66
Figura 4.12 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Nor-Nordeste .....	67
Figura 4.13 – Efeito SHG na temperatura interior no hall .....	68
Figura 4.14 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Este .....	68
Figura 4.15 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Sul.....	69
Figura 4.16 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Oeste .....	69
Figura 4.17 – Efeito SHG na temperatura interior na sala .....	70
Figura 4.18 – Efeito SHG na temperatura interior no escritório .....	71
Figura 4.19 – Efeito SHG na temperatura interior na cozinha .....	71
Figura 4.20 – Efeito SHG na temperatura interior na casa de banho .....	72
Figura 4.21 – Elementos de sombreamento exteriores existentes no edifício.....	73
Figura 4.22 – Efeito do elemento de sombreamento vertical na orientação Este.....	73
Figura 4.23 – Efeito do elemento de sombreamento horizontal na orientação Este .....	74
Figura 4.24 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura da cozinha.....	74
Figura 4.25 – Efeito do elemento de sombreamento horizontal na orientação Sul.....	75
Figura 4.26 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura da sala.....	76
Figura 4.27 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura do hall.....	76
Figura 4.28 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura do escritório.....	76
Figura 4.29 – Parâmetros psicrométricos do local em janeiro às 6h e 18h. ....	78
Figura 4.30 – Características dos pontos de temperatura máxima e mínima .....	79
Figura 4.31 – Perfis de temperatura implementados no software HAP. ....	79
Figura 4.32 – Mapa de radiação no local (ponto verde) no mês de janeiro.....	80
Figura 4.33 – Coeficientes de multiplicação implementar no modelo de radiação .....	80
Figura 4.34 – Tipos de vidros vs Ganho e perda no verão em cada espaço .....	87
Figura 4.35 – Tipos de vidros vs Ganho e perda no inverno em cada espaço.....	88

Figura 4.36 – Necessidades de aquecimento e de arrefecimento .....	89
Figura 4.37 – Custo total investimento: implementação de raiz .....	92
Figura 4.38 – Custo total investimento: substituição .....	93
Figura 4.39 – Temperatura média horária nos espaços: Climalit vs GuardianSun .....	95

*Esta página foi deixada em branco propositadamente*  
*This page was left in blank intentionally*

## Índice de tabelas

Tabela 2.1 – Escala de sensação térmica [18] .....	9
Tabela 2.2 – Orientação das superfícies envidraçadas vs ganhos solares [37].....	18
Tabela 3.1 – Espaços e respetiva área e volume.....	35
Tabela 3.2 – Constituição e caraterísticas dos materiais das paredes exteriores.....	36
Tabela 3.3 – Constituição e caraterísticas dos materiais das paredes interiores.....	36
Tabela 3.4 – Constituição e caraterísticas dos materiais do pavimento da sala, hall e escritório .....	37
Tabela 3.5 – Constituição e caraterísticas dos materiais do pavimento da cozinha e casa de banho.....	37
Tabela 3.6 – Constituição e caraterísticas dos materiais da cobertura .....	38
Tabela 3.7 – Orientação e área das superfícies envidraçadas por cada espaço .....	39
Tabela 3.8 – Nível de atividade em cada espaço [74] .....	39
Tabela 3.9 – Potência total de iluminação por área em cada espaço [75] .....	40
Tabela 4.1 – Temperatura e humidade relativa para o mês de janeiro .....	78
Tabela 4.2 – Calor sensível e latente da atividade em cada espaço (HAP) [74] .....	81
Tabela 4.3 – Potência calorífica transmitida pelas superfícies envidraçadas: HAP vs OpenStudio .....	83
Tabela 4.4 – Potência calorífica transmitida pelas paredes: HAP vs OpenStudio .....	83
Tabela 4.5 – Potência calorífica transmitida pela cobertura: HAP vs OpenStudio .....	84
Tabela 4.6 – Tipos de vidros em análise [94, 95].....	87
Tabela 4.7 – Investimento inicial dos diferentes tipos de vidros.....	89
Tabela 4.8 – Necessidades energéticas anuais para garantir as temperaturas de conforto para cada vidro.....	90
Tabela 4.9 – Custo de exploração anual e mensal de cada vidro .....	91

*Esta página foi deixada em branco propositadamente*  
*This page was left in blank intentionally*

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

Com o passar dos anos, as necessidades energéticas por parte das sociedades têm vindo a aumentar, particularmente após a revolução industrial. Atualmente, a sensibilidade do impacto do ser humano sobre o planeta encontra-se constantemente a aumentar, visto que este aumento tem sido satisfeito pela utilização de carvão, petróleo e gás natural. Estas fontes de energia são consideradas recursos naturais não renováveis, porque a sua formação é bastante lenta em relação à escala temporal do Homem [1].

Tendo em conta o atual ritmo de exploração, estima-se que as reservas petrolíferas estejam na sua maioria esgotadas até 2050. A utilização de combustíveis fósseis produz elementos muito poluentes com impactos negativos sobre a qualidade do ar, o efeito de estufa e a saúde humana [1].

Na Figura 1.1 é possível observar o consumo de energia final total de todos os setores em Portugal, mais concretamente, agricultura e pescas, indústria, transportes, doméstico e serviços.

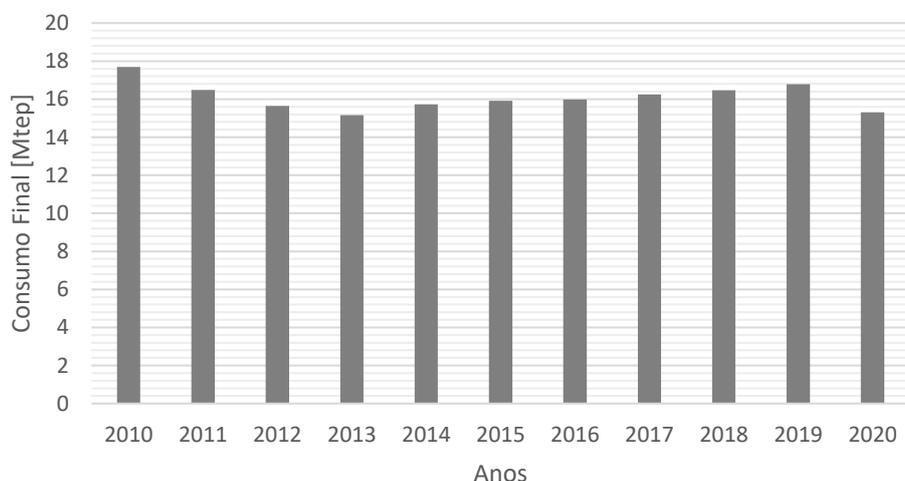


Figura 1.1 – Consumo de energia final em Portugal [2, 3]

Através da Figura 1.1 observa-se que, apesar do decréscimo obtido no ano de 2013, o consumo energético tem vindo a aumentar ao longo dos últimos anos. No entanto, em 2020 sofreu uma nova diminuição de 8% face a 2019, devido principalmente à redução do consumo de combustíveis rodoviários, provocado pelo efeito da pandemia COVID-19 [3]. De modo a saber o consumo final de energia em cada setor, apresenta-se a Figura 1.2.

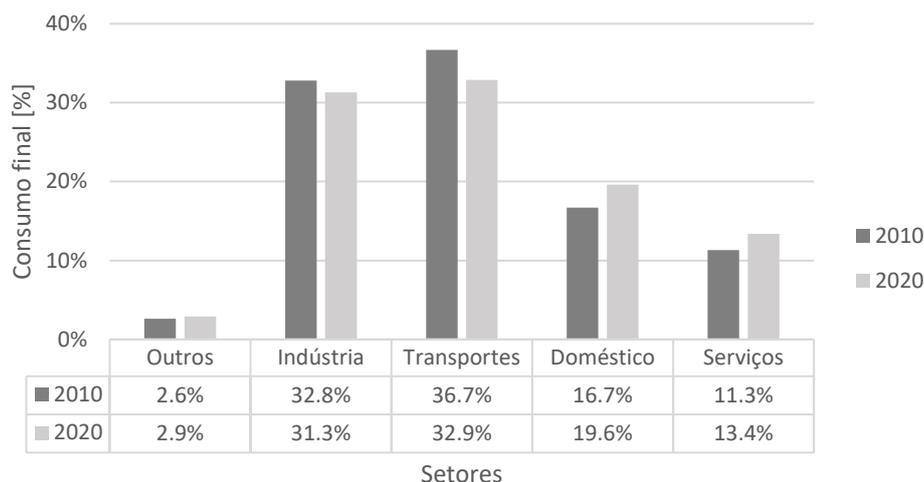


Figura 1.2 – Consumo de energia por setores (2010 vs 2020) [2, 3]

Analisando os dados da Figura 1.2 observa-se que o setor dos edifícios domésticos e de serviços aumentaram o seu consumo na última década. No ano de 2020 foram responsáveis por 33% do consumo energético total, no qual 19,6% correspondem ao setor doméstico. Este aumento deve-se ao facto de uma maior procura de conforto no interior dos edifícios, tendo assim uma tendência de um maior crescimento no futuro.

De modo a contrariar esta tendência foi publicado o Decreto-Lei nº80/2006, no qual é aprovado o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Neste regulamento estabeleceu-se regras que visavam reduzir os consumos energéticos associados ao conforto térmico e à qualidade do ar interior, através da minimização de situações patológicas nos elementos da construção. Foi ainda publicado o Decreto-Lei nº79/2006, no qual é aprovado o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), que teve como objetivo impor regras de eficiência aos sistemas de climatização de modo a melhorar o seu desempenho energético, definindo para isso as condições de conforto térmico e de higiene em cada espaço [4, 5].

Estes dois regulamentos culminam com o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) (Decreto-Lei nº78/2006), onde é certificado o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios e identificadas as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos. A certificação energética nos edifícios novos ou já existentes, permite comprovar a correta aplicação da regulamentação técnica em vigor para o edifício e os seus sistemas energéticos [6].

Num edifício, o bom isolamento ajuda a melhorar a eficiência energética. Estima-se que cerca de 20% das perdas de calor são causadas pelas superfícies envidraçadas [7]. Um bom isolamento através das superfícies envidraçadas permite melhorar o conforto no interior do edifício, reduzindo o consumo de energia. Desta forma, as características técnicas das superfícies envidraçadas e os materiais que as constituem, como os tipos de caixilho e de vidro, são fatores determinantes no nível do seu contributo no desempenho energético global do edifício.

## **1.2. Objetivos**

O objetivo principal desta dissertação é analisar a influência que as superfícies envidraçadas têm sobre a eficiência energética.

Através do uso das ferramentas computacionais pretende-se estudar, individualmente e globalmente, o efeito que as características dos vidros têm no comportamento térmico de um edifício. De modo a averiguar a contribuição do comportamento térmico das superfícies envidraçadas, pretende-se verificar a influência das diferentes orientações e a existência ou não de sombreamento externo num edifício na estação de aquecimento e de arrefecimento. Posteriormente, pretende-se selecionar as características mais favoráveis às necessidades térmicas dos espaços, tendo como objetivo evitar situações de desconforto, tais como, o aquecimento e o arrefecimento excessivo.

Para finalizar, pretende-se avaliar economicamente a influência que a superfície envidraçada apresenta no consumo energético, quando combinado com um sistema de climatização.

## **1.3. Estrutura da dissertação**

O presente trabalho encontra-se organizado em cinco capítulos, baseando-se em duas vertentes: pesquisa e análise computacional.

No presente capítulo é feito um enquadramento do tema com o consumo energético no setor dos edifícios, ao longo dos últimos anos no país. Posteriormente, abordam-se os regulamentos energéticos em vigor em Portugal.

No segundo capítulo são expostos todos os fundamentos teóricos necessários para a interpretação dos resultados apresentados no capítulo 3. O primeiro tema abordado é o conforto (térmico e visual), apresentando os fatores que influenciam a resposta do corpo

humano ao meio envolvente, assim como os métodos de análise que quantificam o nível de conforto. Posteriormente, aborda-se o tema das superfícies envidraçadas, apresentando os mecanismos de troca de calor, as características chave para a correta seleção do vidro (desempenho térmico e lúmnico), os tipos de vidros e de caixilharia, e os dispositivos de sombreamento. Por fim, é apresentado os programas de simulação dinâmica possíveis de serem utilizados em estudos como este que se apresenta.

O capítulo 3 desta dissertação pretende apresentar o caso de estudo, através da descrição de todos os parâmetros utilizados, do seu processo de modelação e o esquema de estudo a realizar.

No capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados obtidos através do *Sketchup* e do *OpenStudio*, com posterior comparação com o Carrier HAP. Por último é estudado o comportamento de 3 soluções de vidros existentes no mercado, com posterior análise económica.

Por último, no capítulo 5, são apresentadas as principais conclusões do trabalho e são enumeradas algumas recomendações para trabalho futuro.

## 2. Fundamentos teóricos

### 2.1. Conforto

Num edifício, o conforto é algo a ter em consideração tanto para ajudar a controlar o consumo energético como para o bem-estar dos ocupantes, sendo resultado da influência das características térmicas, lumínicas e acústicas [8]. Desta forma, o projeto de um edifício deve ter em conta a importância da orientação solar, a correta dimensão da ventilação e da iluminação natural, bem como os materiais a utilizar, tendo em conta o clima do local [9].

#### 2.1.1. Conforto térmico

O conforto térmico é definido como uma condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico envolvente [10]. O conforto térmico pode ser considerado como global ou local, dependendo dos fatores que cada um tem em conta. Enquanto o global é baseado nas condições térmicas que afetam o ambiente do espaço, tais como, a humidade relativa e a temperatura interior, o local é relacionado com os fatores responsáveis por causar desconforto térmico, tais como, velocidade do ar e a assimetria radiante [11, 12], tal como é possível observar na Figura 2.1.

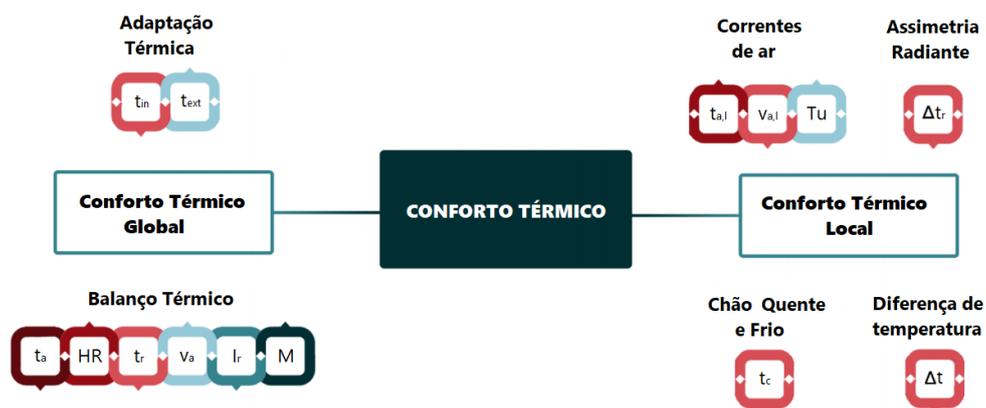


Figura 2.1 – Tipos de conforto térmico e os fatores que os influenciam (Adaptado de [11])

Analisando a Figura 2.1 é possível observar que o conforto térmico local tem em conta quatro fatores responsáveis por causar o desconforto térmico:

- Correntes de ar: principal fator de desconforto em espaços interiores, no qual afetam as partes do corpo descobertas, tais como, cara, mãos, etc. Este fator

está relacionado com a temperatura do ar local ( $t_{a,l}$ ), velocidade do ar local ( $v_{a,l}$ ) e a intensidade de turbulência do ar local ( $Tu$ );

- Assimetria radiante ( $\Delta t_r$ ): relacionado com as diferenças de temperatura entre o teto e as paredes, causando uma heterogeneidade no campo radiante;
- Chão quentes e frios ( $t_c$ ): causam desconforto quando as pessoas utilizam calçado de fraco isolamento;
- Diferença de temperatura vertical ( $\Delta t$ ): relacionado com a diferença de temperatura entre a cabeça e os tornozelos.

De acordo com a Figura 2.1, o conforto térmico global é influenciado por dois fatores: a adaptação térmica e o balanço térmico. O primeiro é relacionado com o meio envolvente, tendo como parâmetros a temperatura interna ( $t_{in}$ ) e externa ( $t_{ext}$ ) no qual tem em conta a percepção real e a aceitabilidade ao ambiente térmico, dependendo da expectativa, do comportamento e da adaptação dos ocupantes. Por outro lado, o balanço térmico tem em conta a interação do corpo humano com o meio envolvente, combinado com a fisiologia de termorregulação, do qual depende de seis parâmetros [11, 13]:

- Temperatura do ar ( $t_a$ ): temperatura em torno de uma pessoa, atuando na transferência de calor por condução, convecção e por evaporação;
- Temperatura radiante média ( $t_r$ ): influência a transferência de calor por radiação entre o corpo humano e as superfícies ao seu redor;
- Velocidade do ar ( $v_a$ ): influência as trocas de calor por convecção e evaporação, podendo gerar sensações de conforto ou desconforto;
- Humidade relativa (HR): influencia as perdas de calor por evaporação, no qual o corpo humano apresenta uma maior dificuldade em realizar a troca de calor latente quanto maior for a humidade relativa;
- Taxa de metabolismo (M): o processo designado como metabolismo provém da produção de energia para realizar as tarefas através da junção dos alimentos e do oxigénio. No entanto, o corpo humano apresenta uma baixa eficiência, pois a quantidade de energia produzida é bastante superior à que realmente é necessária para realizar o trabalho pretendido, sendo que uma grande percentagem é transformada em calor. A taxa de metabolismo depende da idade, sexo, altura e peso da pessoa;

- Isolamento térmico do vestuário ( $I_r$ ): o vestuário permite à pessoa ganhar ou manter uma temperatura de conforto. Atua como uma resistência térmica entre o corpo humano e o meio ambiente, minimizando as perdas de calor por condução e por convecção.

O controlo do calor e da humidade de e para o meio ambiente é feita através da pele. Este órgão contém sensores térmicos que permitem detetar a temperatura e ativar o sistema nervoso, através do envio de impulsos elétricos para o hipotálamo. Após interpretação dos sinais, caso o hipotálamo detete que a temperatura corporal não está dentro dos parâmetros desejáveis, são desencadeadas ações de modo a realizar a regulação térmica do corpo humano, através de quatro mecanismos [14]:

- Transpiração: aumenta a perda de calor através do aumento da secreção de suor;
- Tremores: produz calor através do movimento involuntário dos músculos;
- Vasodilatação: refere-se às mudanças de diâmetro dos vasos sanguíneos, no qual existe um aumento do fluxo sanguíneo devido à dilatação dos vasos sanguíneos, facilitando as trocas de calor através da superfície da pele;
- Vasoconstrição: tal como o anterior, também se refere às mudanças de diâmetro dos vasos sanguíneos, sendo que neste caso existe uma diminuição do fluxo sanguíneo, diminuindo a perda de calor através da pele.

Os mecanismos de trocas de calor do corpo incluem transferência de calor sensível pela pele, por condução, convecção e radiação; transferência de calor latente, por evaporação e difusão; ou por ambas, através da respiração. Num ambiente neutro, no qual o corpo não tem de realizar nenhuma ação para regular a sua temperatura, a evaporação representa 25% do calor total perdido e 75% corresponde às perdas de calor sensível [14]. As perdas de calor pelo corpo humano encontram-se representadas na Figura 2.2, no qual é possível observar que o calor produzido é transferido para o meio ambiente através da pele, pela respiração, por perdas por evaporação e de calor sensível. As perdas de calor sensível podem corresponder a uma mistura de condução, convecção e radiação. No entanto, a condução realizada da superfície da pele para um ambiente líquido ou gasoso é rapidamente substituída pelo processo de convecção, fazendo com que este tipo de perdas corresponda apenas à soma da transferência de calor por convecção e radiação [14, 15].

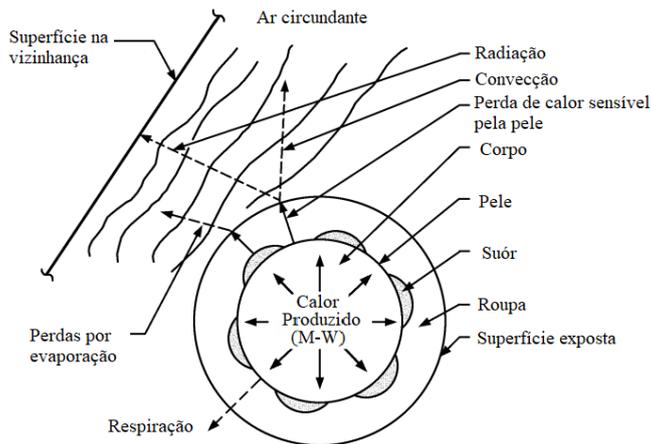


Figura 2.2 – Interação térmica do corpo humano com o meio ambiente (Adaptado de [15])

Ao longo dos anos, de modo a quantificar o nível de conforto térmico global foram definidos vários índices. A Sociedade Americana do Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (na literatura inglesa, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers - ASHRAE) tem como base os índices desenvolvidos por Povl Ole Fanger [16]: o Voto Médio Previsto (na literatura inglesa, *Predicted Mean Vote* - PMV) e a Percentagem Previsível de Insatisfeitos (na literatura inglesa *Predicted Percentage of Dissatisfied* - PPD) [15].

O índice PMV quantifica o valor médio dos votos de pessoas que se encontram no mesmo espaço. Esta avaliação tem em conta o tipo de roupa e a taxa metabólica, bem como quatro condições interiores: temperatura do ar, humidade relativa, temperatura radiante e velocidade do ar [17].

Como o conforto térmico é algo subjetivo e dependente de fatores específicos, é expectável que nem todos os ocupantes apresentem satisfação. Deste modo, o índice PPD estabelece uma previsão quantitativa da percentagem de pessoas termicamente insatisfeitas, sendo correlacionado com o PMV, como se ilustra na Figura 2.3 [18].

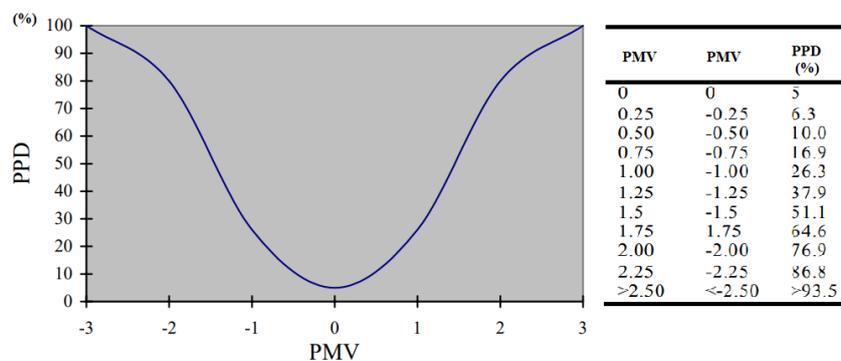


Figura 2.3 – PPD em função do PMV (Adaptado de [19, 17], respetivamente)

Analisando a Figura 2.3 é possível observar que quanto mais próximo do zero estiver o PMV, menor será a percentagem de pessoas insatisfeitas, até um mínimo de 5% (menor valor de PPD). Quando o valor do PMV se apresenta superior a 2,5, existem pelo menos 93,5% de pessoas insatisfeitas. Desta forma é possível observar que não é possível obter-se um agrado simultâneo entre todos os ocupantes. A escala apresentada no eixo das abcissas pode ser facilmente entendida na Tabela 2.1.

*Tabela 2.1 – Escala de sensação térmica [18]*

Escala	Sensação Térmica
+3	Muito quente
+2	Quente
+1	Ligeiramente quente
0	Neutro
-1	Ligeiramente frio
-2	Frio
-3	Muito frio

Segundo o ASHRAE, a zona de conforto corresponde ao intervalo dos pontos compreendidos entre 8 e 10 [17], ou seja, a percentagem de pessoas insatisfeitas não pode ser superior a 10%, o que equivale a um PMV de  $\pm 0,5$ .

### **2.1.2. Conforto visual**

Grande parte do consumo de energia de um edifício deve-se à necessidade de obter-se tanto conforto térmico como visual. A qualidade de iluminação é um dos principais requisitos em qualquer edifício, sendo fundamental para o correto desempenho das atividades e para a qualidade do ambiente interno [20, 21].

A iluminação natural é considerada como uma energia gratuita, no qual permite obter um ambiente atraente e agradável, correspondendo ao melhor tipo de luz para o conforto humano [20].

De modo a quantificar a intensidade de iluminação, existe um modelo de previsão quantitativa de desempenho baseado nas condições do sol e do céu, derivadas de conjuntos de dados meteorológicos, designado como modelagem de luz natural com base

no clima (na literatura inglesa, *Climate-Based Daylight Modeling* – CBDM). Este método inclui 4 índices [22, 23]:

- *Daylight Autonomy* (DA): apresenta a percentagem do tempo de ocupação ao longo de um ano, onde o valor mínimo estipulado de iluminância pode ser obtido somente por luz solar;
- *Spatial Daylight Autonomy* (sDA): desenvolvido de modo a testar a iluminância suficiente da luz do dia na área a analisar numa determinada quantidade de horas de funcionamento por ano, ou seja, revela a luz natural adequada no plano de trabalho ao longo do ano;
- *Annual Sunlight Exposure* (ASE): descreve o número de horas anuais que uma determinada área de um espaço está exposta a uma excessiva luz solar, sendo um indicador para o desconforto visual;
- *Useful Daylight Illuminance* (UDI): distribuição anual de iluminação para um espaço, de modo a alcançar os valores de iluminância entre os 100 e os 2000 lux.

Para o ótimo conforto visual, o desenho e a constituição da superfície envidraçada torna-se bastante relevante, visto que esta determina a quantidade e a distribuição da luz do dia para o interior do espaço. Para caracterizar o seu desempenho, existe um indicador designado como relação parede-janela (na literatura inglesa, *Window-to-Wall-Ratio* – WWR), no qual permite ajudar na tomada de decisões na escolha da janela, devido à sua simplicidade numérica. O WWR é considerado ótimo quando a área envidraçada permite minimizar os gastos energéticos em arrefecimento, aquecimento e em iluminação [23, 24].

## **2.2. Superfícies envidraçadas**

O vidro é um material que confere um fraco isolamento térmico, sendo considerado um elemento intermediário importante nas trocas de energia entre o interior e o exterior dos edifícios. De acordo com o Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de fevereiro, o termo envidraçado corresponde às zonas não opacas da envolvente de um edifício (vidro), no qual inclui os respetivos caixilhos [25].

Como visto no capítulo 1.1, a redução da necessidade de climatização é um parâmetro a ter em consideração. Para tal, deve-se otimizar sistemas de soluções passivas, ou seja, sistemas que promovem o fluxo de energia térmica que ocorre por meios naturais: condução, radiação e convecção natural. O aproveitamento da radiação solar que penetra no espaço e é convertida em calor através das superfícies absorventes, resulta num aquecimento da estrutura do edifício. No entanto, de modo a evitar ganhos excessivos no verão, a penetração da radiação no espaço pode ser controlada através da variação do sombreamento ou do tipo de superfícies envidraçadas [26, 27].

No inverno, um vidro com elevado coeficiente de transmissão tem perdas de calor por condução muito elevadas, que ocorrem devido ao diferencial de temperaturas, e que se fazem sentir na temperatura interior do edifício. Já no verão, as superfícies envidraçadas são zonas através das quais os ganhos provenientes da radiação solar se tornam excessivos, levando igualmente a situações de desconforto.

### **2.2.1. Transferência de calor**

A termodinâmica estuda a transferência de energia através das interações de um sistema com a sua vizinhança, designadas como trabalho e calor<sup>1</sup>. Como lida com os estados finais do processo durante o qual uma interação ocorre, não permite obter informações sobre a natureza da interação ou da taxa de tempo em que ocorre [28].

Uma superfície envidraçada separa dois ambientes que se encontram geralmente a temperaturas diferentes, permitindo a ocorrência de transferência de calor do espaço quente para o frio. Estas trocas de calor fazem-se através de três modos de propagação: condução, convecção e radiação.

#### **2.2.1.1. Condução**

A transferência de calor por condução corresponde à passagem de energia térmica, através da colisão de átomos e de moléculas, que entram num estado de excitação cada vez maior com o aumento da temperatura, provocando a sua colisão. O calor flui na direção de temperaturas decrescentes, uma vez que temperaturas mais altas estão

---

<sup>1</sup> Transferência de calor é a quantidade de energia térmica que ocorre devido a uma diferença de temperatura entre espaços [28].

associadas a uma maior energia molecular. Este mecanismo de transferência pode ocorrer em qualquer estado físico: sólido, líquido ou gasoso [29].

A lei de Fourier descreve este processo de transmissão de calor, permitindo determinar a taxa de transferência de calor por condução. O calor transferido por unidade de tempo é proporcional à área de transferência perpendicular ao fluxo de calor e ao gradiente de temperatura ( $dT/dx$ ), expresso pela equação (2.1):

$$Q_{\text{cond}} = -k \times A_{\text{transf}} \times \frac{dT}{dx} = k \times A_{\text{transf}} \times \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} \quad (2.1)$$

no qual,

$Q_{\text{cond}}$  – Taxa de transferência de calor por condução [W];

$k$  – Condutividade térmica do material [W/m.°C];

$A_{\text{transf}}$  – Área de transferência perpendicular ao fluxo [m<sup>2</sup>];

$dT/dx$  – Gradiente de temperatura:

$dT$  – Diferença de temperatura entre duas posições do material [°C];

$dx$  – Distância do corpo na direção  $x$  [m].

A condutividade térmica pode ser definida como a quantidade de calor transmitida através da espessura do material devido ao gradiente de temperatura nas condições estacionárias [30]. Em geral, a condutividade térmica dos gases é menor que a dos líquidos, e esta menor que a dos sólidos. Assim, como os sólidos apresentam maior condutividade térmica que os gases, estes geram gradientes de temperaturas menores para um determinado fluxo de calor, ou seja, quanto maior for a condutividade térmica de um material, menor é a capacidade de isolamento à transmissão de calor.

### **2.2.1.2. Convecção**

Para a transferência de calor ocorrer por convecção é necessário existir um fluido em movimento, sendo, portanto, dominante nos líquidos e gases. A troca de calor por convecção ocorre devido ao movimento de um grande número de moléculas sujeitas a um gradiente de temperatura. O fluido em movimento, ao entrar em contacto com o sólido, e pela diferença de temperatura entre ambos, recebe ou transmite calor. Esta transferência de energia térmica provoca um aumento ou diminuição (conforme recebe ou transmite, respetivamente) do seu volume específico, criando assim uma corrente de convecção

natural. Esta transferência de calor é tanto mais elevada quanto mais rápido for o escoamento do fluido. Na ausência de movimento do fluido, a transferência de calor deixa de ser convectiva e passa a ser uma condução pura [28].

A convecção pode ser classificada de acordo com a natureza do movimento do fluido:

- Convecção forçada: o movimento do fluido é causado por fontes externas, tais como, uma ventoinha, uma bomba, entre outros.
- Convecção natural: o movimento do fluido ocorre devido à diferença de densidades causada pela variação de temperatura no fluido.

Geralmente, a energia que está a ser transferida, corresponde à troca de calor sensível. Contudo, existem processos de convecção em que existe troca de calor latente.

Isaac Newton formulou a lei do arrefecimento para determinar a taxa de transferência de calor por convecção, expresso pela equação (2.2) [28].

$$q = h \times (T_s - T_\infty) \quad (2.2)$$

Sabendo que  $q = Q/A$ , a partir da equação (2.2) obtém-se a seguinte equação:

$$Q_{\text{conv}} = h \times A_{\text{sup}} \times (T_s - T_\infty) \quad (2.3)$$

no qual,

$q$  – Fluxo de calor por convecção [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];

$Q_{\text{conv}}$  – Taxa de transferência de calor por convecção [ $\text{W}$ ];

$A_{\text{sup}}$  – Área da superfície perpendicular ao fluxo [ $\text{m}^2$ ];

$h$  – Coeficiente de transferência de calor por convecção [ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ];

$T_s$  – Temperatura da superfície sólida [ $^\circ\text{C}$ ];

$T_\infty$  – Temperatura do fluido [ $^\circ\text{C}$ ].

### **2.2.1.3. Radiação**

A radiação térmica corresponde à energia emitida pela matéria (sólidos, líquidos e gases), com temperatura superior ao zero absoluto, e é transportada através de ondas eletromagnéticas. A emissão da energia pode ser atribuída a mudanças nas configurações eletrónicas dos átomos ou das moléculas constituintes [28].

Todos os corpos emitem energia constantemente por um processo de radiação eletromagnética. A intensidade desse fluxo de energia depende da temperatura do corpo e da natureza da sua superfície [31]. A transferência de calor por radiação distingue-se das referidas anteriormente, pelo facto de não necessitar de um meio para se propagar. A transferência de calor por radiação até é mais eficiente no vácuo, porque devido à inexistência de moléculas ou átomos, a energia da radiação é totalmente transmitida [28, 32].

A eficiência da emissão de energia por uma superfície é definida por uma propriedade designada por emissividade ( $\epsilon$ ). Este parâmetro é definido como valores compreendidos entre 0 e 1, correspondendo à capacidade de um corpo não emitir ou de emitir toda a energia, respetivamente [28]. Dando como exemplo, um corpo negro é considerado um emissor ideal ( $\epsilon = 1$ ), pois nenhuma superfície apresenta um poder emissivo superior à dele, quando se encontra à mesma temperatura.

Segundo a lei de Stefan-Boltzmann, a taxa de transferência de calor radiativa emitida por unidade de área superficial de um corpo negro na unidade de tempo, denomina-se como o poder emissivo ( $E$ ), no qual é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura absoluta, expresso pela equação (2.4) [28].

$$E = \sigma \times T_s^4 \quad (2.4)$$

no qual,

$E$  – Poder emissivo [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];

$\sigma$  – Constante de Stefan-Boltzman ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-4}]$ );

$T_s$  – Temperatura absoluta [K].

Este cálculo é realizado para determinar o poder emissivo de um corpo ideal, ou seja, um corpo negro. Dado que o fluxo de calor emitido por uma superfície real é menor do que a do corpo negro à mesma temperatura, o cálculo do poder emissivo deve ter em conta a emissividade da superfície em análise, como é expresso pela equação (2.5).

$$E = \epsilon \times \sigma \times T_s^4 \quad (2.5)$$

no qual,

$\epsilon$  – Emissividade da superfície.

### 2.2.1.3.1. Influência da orientação do sol

O sol é o corpo celeste central do sistema solar e o que emite mais radiação, com 99,9% da energia vinda do sol compreendida na gama da radiação solar, distribuída da seguinte forma: 52% da radiação está na gama do infravermelho, 44% na gama do visível e 4% no ultravioleta [33].

Da radiação que atinge um local na superfície terrestre uma parte da energia incide diretamente sem sofrer qualquer alteração de direção e outra sofre mudanças de direção, devido às moléculas de alguns constituintes do ar (difusão Rayleigh), poeiras em suspensão (difusão Mie) e outros obstáculos na atmosfera. A energia que incide diretamente designa-se como radiação direta e a que sofre alteração na direção designa-se por radiação difusa. A radiação total é, portanto, a soma da radiação direta e difusa [34, 27].

A influência que a atmosfera tem sobre a radiação solar pode ser observada na Figura 2.4.

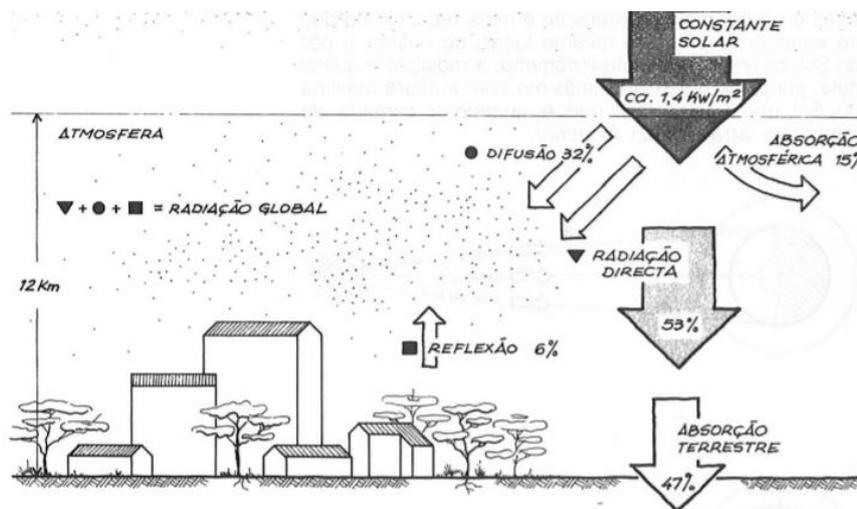


Figura 2.4 – Representação esquemática da influência da atmosfera [35]

Através da Figura 2.4 é possível observar que 32% da totalidade da radiação solar que chega à atmosfera é reenviada para o espaço por difusão e 15% são absorvidos pela atmosfera. Os restantes 53% correspondem a radiação direta, sendo que apenas 47% desta radiação é absorvida pela Terra. Salienta-se ainda que a percentagem de energia absorvida acaba por ser novamente perdida, por fenómenos de evaporação, radiação, etc., pois caso contrário a temperatura da Terra não parava de aumentar [35].

O planeta Terra realiza um movimento de translação em torno do Sol, descrevendo uma trajetória em forma de elipse, no qual demora 365,25 dias. Ao longo dessa trajetória

elíptica em torno do Sol, a distância entre os dois corpos celestes vai sendo diferente. Simultaneamente ao movimento de translação, a Terra realiza um movimento de rotação a cada 24 horas, em torno de um eixo com um grau de inclinação de  $23,45^\circ$  [36].

Devido ao movimento de translação e ao grau de inclinação, a posição angular entre o sol e o eixo da Terra, medida ao meio-dia, denominada por a declinação solar ( $\delta$ ), irá alterar ao longo do movimento de translação [34]. A Figura 2.5 ilustra a diferença da declinação solar quando o planeta Terra se encontra em quatro posições distintas da trajetória elíptica.

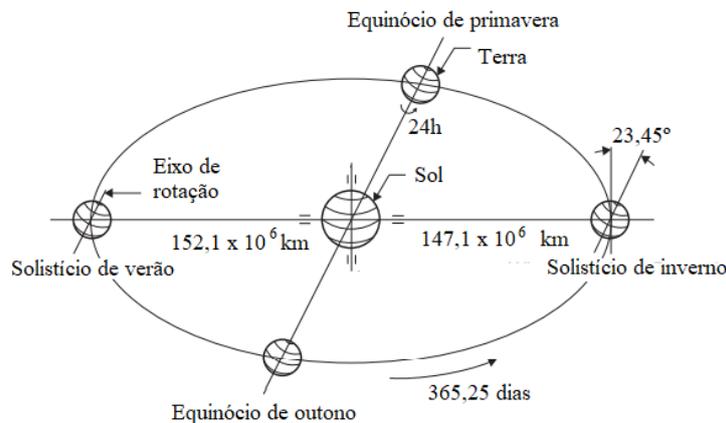


Figura 2.5 – Estações do ano vs translação da Terra (Adaptado de [36])

Através da Figura 2.5 é possível observar a relação entre as várias estações do ano e o movimento de translação do planeta em torno do sol, que iniciam nos equinócios e nos solstícios. Nos solstícios, o sol irá atingir a declinação solar máxima no hemisfério norte ( $\delta = 23,45^\circ$ ) ou sul ( $\delta = -23,45^\circ$ ), dando início à estação de verão ou inverno, respectivamente. Os equinócios acontecem quando o sol se apresenta alinhado com a linha do equador ( $\delta = 0^\circ$ ). Desta forma, o ângulo de incidência na superfície terrestre irá variar ( $\delta \in [-23,45^\circ; +23,45^\circ]$ ), variando desta forma a intensidade de radiação.

O ângulo de incidência, também designado por ângulo zênite, representa o ângulo entre o raio solar direto e uma linha normal à superfície [34]. Quando é perpendicular à superfície terrestre, a intensidade de radiação solar atinge o seu valor máximo [35].

A intensidade da radiação solar ( $I$ ) corresponde à energia radiante que passa por um plano imaginário no espaço [26] e depende da estação do ano, da hora do dia, das condições atmosféricas, da latitude do lugar e do ângulo de incidência [35]. Contudo, o seu valor é difícil de medir da superfície terrestre, por causa do efeito da atmosfera. Em alternativa, utiliza-se um parâmetro designado por constante solar ( $G_{CS}$ ) que define a

quantidade de energia proveniente do Sol por unidade de tempo recebida numa unidade de área de superfície da atmosfera terrestre, perpendicular à direção de propagação da radiação, para a distância média entre o Sol e a Terra fora da atmosfera. Este parâmetro apresenta um valor fixo de  $G_{CS} = 1367 \text{ W/m}^2$  [34].

Na Figura 2.6 é possível observar a diferença das projeções solares entre o solstício de verão e de inverno.

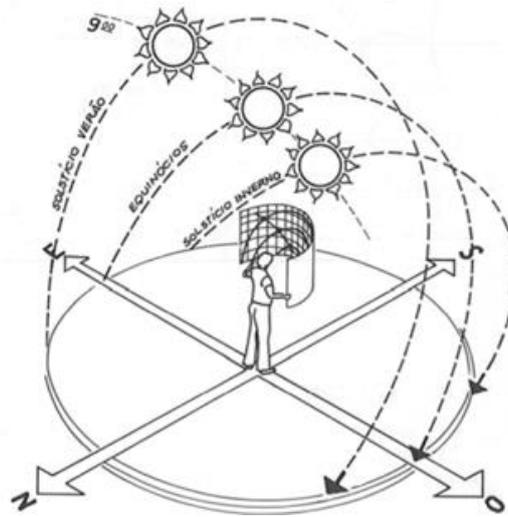


Figura 2.6 – Variação das projeções solares [35]

Através da Figura 2.6 é possível observar as diferentes projeções solares e ângulos de incidência solares ao longo do ano. No solstício de inverno, o sol apresenta um percurso com um alto ângulo de incidência (menor intensidade de radiação), sendo praticamente perpendicular às superfícies envidraçadas, possibilitando uma maior entrada de radiação solar. Por outro lado, no solstício de verão, o sol apresenta-se com um baixo ângulo de incidência, com um comportamento mais perpendicular com a superfície terrestre (maior intensidade de radiação). Como tem uma incidência mais tangencial às superfícies envidraçadas, o ganho solar será menor.

Tendo em conta o que foi explicado, a orientação do sol ao longo do ano é um fator importante a ter em conta para a definição da localização das superfícies envidraçadas num edifício, a sua dimensão e o tipo de vidro [37]. Na Tabela 2.2 é possível observar a relação entre as diversas orientações das superfícies envidraçadas num edifício e os ganhos solares.

Tabela 2.2 – Orientação das superfícies envidraçadas vs ganhos solares [37]

Orientação	Inverno	Verão
Norte	Recebe radiação difusa	Capta pouca radiação
Sul	Ótimas, captando a radiação solar disponível	Capta bastante radiação
Este	Recebe pouca radiação	Maximiza a captação de energia solar
Oeste	Recebe pouca radiação	Apresentam a maior captação de energia solar

Através da Tabela 2.2 é possível observar que no inverno é benéfico ter num edifício com superfícies envidraçadas orientadas para Sul, visto que nesta estação do ano é benéfico o aproveitamento dos ganhos solares. Desta forma, deve-se evitar que as superfícies envidraçadas nesta orientação estejam sujeitas a sombreamento por objetos próximos, tais como, edifícios ou árvores de folha permanente, impedindo o aquecimento solar durante o inverno. Nesta altura do ano deve-se evitar superfícies envidraçadas com grandes áreas viradas a Norte, visto que só irá receber radiação difusa, causando a perda de calor do espaço. Já a Este e a Oeste, devido à orientação do nascer e pôr do sol, apenas irão receber radiação direta durante algumas horas, com um pequeno ângulo de incidência, sendo o seu efeito reduzido. Por outro lado, no verão, a orientação Este, Sul e Oeste terão de ter especial atenção, pois tendo em conta que nesta altura do ano o percurso do sol vai de Nordeste a Noroeste, as superfícies irão possuir um grande período de tempo com sol incidente. Comparando a orientação a Este e Oeste é necessário ter cuidado redobrado com a fachada orientada a Oeste porque, enquanto a fachada a Este estará à sombra a partir das 12 horas, a fachada a Oeste irá estar exposta à radiação durante longas horas da tarde (desde o meio-dia até ao pôr do sol), aquecendo o edifício [27, 37].

### 2.2.2. Desempenho térmico e lúmnico

As características de comportamento térmico e lúmnico do vidro serão aquelas que quando mal “manuseadas” em fase de projeto, tem repercussões graves durante o funcionamento normal do edifício. A diferença entre estas duas características recai sobre o tipo de comprimento de onda da radiação que incide no vidro, sendo que dentro do comprimento de onda designado como visível, denomina-se de lúmnico, enquanto no térmico, é quando o comprimento de onda está no domínio total do infravermelho e do visível, bem como numa percentagem do ultravioleta [38].

### 2.2.2.1. Coeficiente de transmissão luminosa

O coeficiente de transmissão luminosa representa a fração de energia radiante que incide numa superfície e é transmitida para o interior do edifício. Em locais onde existe uma forte incidência de radiação solar, também existe a necessidade de limitar a transmissão de luz. Pelo contrário, onde existe uma menor incidência de luz, torna-se mais necessário aproveitar ao máximo a luz natural disponível. Desta forma, os vidros com elevado coeficiente de transmissão luminosa têm um aspeto transparente e proporcionam uma boa iluminação natural. Portanto, são mais indicadas para locais com menor incidência de luz. Por outro lado, os vidros com baixo coeficiente de transmissão luminosa são usados em locais com forte incidência de luz, ou seja, quando se verifica a existência de problemas de encadeamento [39].

### 2.2.2.2. Coeficiente de transmissão térmica

Este coeficiente caracteriza a troca de calor por condução, convecção e radiação que existe entre duas superfícies de um elemento, representando o fluxo de calor que atravessa 1 m<sup>2</sup> da superfície para uma diferença de temperatura de 1 grau entre o interior e o exterior. Quanto mais pequeno for o seu valor, menor serão as perdas térmicas, ou seja, melhor será o isolamento térmico da superfície [38].

No caso de uma superfície envidraçada, este coeficiente depende do tipo de vidro, do material da caixilharia e das respetivas áreas, podendo ser calculado da seguinte forma:

$$U_w = \frac{A_f \times U_f + A_g \times U_g + L_g \times \psi}{A_f + A_g} \quad (2.6)$$

no qual,

$U_w$  – Coeficiente global de transmissão térmica da superfície envidraçada [W/m<sup>2</sup>.°C];

$U_f$  – Coeficiente de transmissão térmica da caixilharia [W/m<sup>2</sup>.°C];

$U_g$  – Coeficiente de transmissão térmica do vidro [W/m<sup>2</sup>.°C];

$\Psi$  – Coeficiente de transmissão térmica linear no bordo do vidro [W/m.°C];

$L_g$  – Perímetro do vidro visível [m];

$A_f$  – Área da caixilharia visível [m<sup>2</sup>];

$A_g$  – Área do vidro visível [m<sup>2</sup>].

### 2.2.2.3. Fator solar

Enquanto o coeficiente de transmissão térmica tem em conta os três métodos de transmissão de calor (condução, convecção e radiação), o fator solar (na literatura inglesa, *Solar Heat Gain* – SHG) apenas tem em conta as trocas por radiação solar. Da energia solar total incidente no vidro, uma percentagem é refletida, outra atravessa diretamente o vidro e outra é absorvida por ele, sendo que, uma percentagem da energia absorvida dissipa para o exterior e outra para o interior, como é possível observar na Figura 2.7 [40].

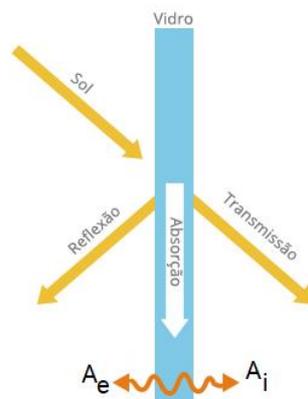


Figura 2.7 – Decomposição da radiação incidente num vidro [41]

Através da Figura 2.7 é possível observar a decomposição da radiação incidente num vidro, no qual,  $A_i$  e  $A_e$  correspondem à fração da energia absorvida que é emitida para o interior e para o exterior, respetivamente.

O fator solar define-se como o quociente entre a energia solar transmitida para o interior e a energia da radiação solar incidente (RS), tal como é possível observar na equação (2.7). A energia solar transmitida para o interior corresponde à fração da energia da radiação que é transmitida diretamente (T), mais a que é absorvida e reenviada para o interior ( $A_i$ ) [42, 4].

$$SHG = \frac{T + A_i}{RS} \quad (2.7)$$

no qual,

T – Energia solar transmitida diretamente;

$A_i$  – Fração de energia absorvida que é emitida para o interior;

RS – Radiação solar incidente, direta ou indiretamente.

O fator solar indica a fração de energia solar que atravessa o vidro e é transmitida para o interior. Desta forma, quanto mais próxima estiver do zero, menor é a quantidade de calor que atravessa o vidro [40].

### 2.2.3. Tipos de vidros

Tendo em conta as características a ter em conta na escolha de um vidro anteriormente apresentadas, neste sub-capítulo serão apresentadas as várias soluções aplicáveis em edifícios. Estas apresentam diferença na quantidade de painéis de vidro agrupadas, na cor e na película colocada. Deste modo, haverá diferenças no desempenho térmico e lúmnico, sendo assim possível realizar uma comparação entre elas.

#### 2.2.3.1. Vidro simples

Os vidros simples são um tipo de configuração utilizada nas caixilharias constituída por apenas um painel de vidro, que não consegue garantir um grande isolamento térmico ao edifício [43].

Os painéis de vidro podem ser de dois tipos: incolor e colorido. A grande diferença entre ambos é na capacidade do ganho solar, mais concretamente no fator solar. A adição de cor ao vidro permite reduzir o ganho solar, tornando-se especialmente vantajoso no verão. No entanto, esta redução na admissão dos ganhos solares também reduz o ganho térmico no inverno, aumentando a necessidade de aquecimento [43].

A Figura 2.8 apresenta uma comparação de valores indicadores de transmissão de energia, com os dois tipos de vidros simples anteriormente referidos.

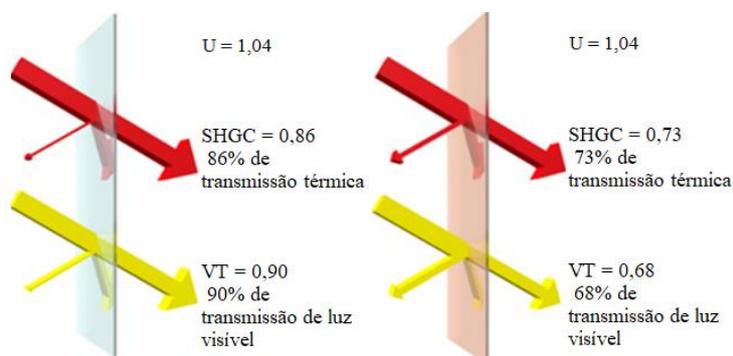


Figura 2.8 – Transferência de calor num vidro simples incolor vs colorido (Adaptado de [43])

Através da observação da Figura 2.8 é possível verificar que o vidro colorido apresenta uma diminuição de 13% na transmissão térmica em relação ao vidro incolor, e uma diminuição de 22% na transmissão de luz visível para o interior do edifício. Desta

forma, o vidro colorido poderá ser bastante benéfico para um local onde existe uma grande necessidade de arrefecimento [39].

### 2.2.3.2. Vidro duplo

Como referido anteriormente, os vidros simples não garantem muito isolamento térmico ao edifício. Desta forma, tornou-se prática corrente a utilização de superfícies envidraçadas constituídas por mais do que um vidro.

Um vidro duplo, tal como o nome indica, é uma configuração constituída por dois painéis de vidros, separados por uma câmara estanque com um gás, com o intuito de reduzir as perdas de calor [39].

Inicialmente, esta câmara continha apenas ar. No entanto, com o intuito de aumentar o isolamento térmico, reduzindo ainda mais as perdas de calor, este tipo de vidros passou a ser preenchido com gases menos condutivos, de modo a tornar o movimento das correntes de convecção mais lentas, reduzindo as trocas de calor por convecção através do gás. Os gases mais utilizados são o árgon e o cripton, sendo que este último apresenta um melhor desempenho térmico e um custo mais elevado face ao primeiro. Por isso, o cripton normalmente é utilizado quando o espaçamento entre vidros é mais fino. Quando se pretende obter um bom equilíbrio entre desempenho térmico e de custo, coloca-se uma mistura dos dois gases [44].

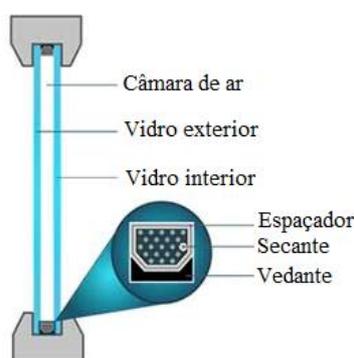


Figura 2.9 – Ilustração de uma janela com vidro duplo  
(Adaptado de [45])

Neste tipo de superfícies envidraçadas são usados espaçadores metálicos, normalmente em alumínio, que têm a função de garantir a distância adequada entre os painéis de vidro. Estes espaçadores permitem acomodar tensões devidas às variações térmicas e providenciar uma barreira ao vapor de água, evitando a formação de condensações interiores que levariam ao embaciar do vidro [46].

Como acontece na configuração de vidro simples, os painéis de vidro duplo também podem ser incolores ou coloridos. No entanto, nesta configuração, apenas a camada exterior é colorida, sendo a camada interna incolor.

O vidro duplo incolor permite obter um isolamento térmico cerca de duas vezes superior ao de um vidro simples, devido à existência da câmara. Além de reduzir o fluxo de calor, esta configuração permite uma elevada transmissão de luz visível e alto ganho de radiação solar. Quando a camada exterior é colorida, existe a redução da transmissão térmica e da perda de calor, sendo que esta última propriedade é reduzida para metade.

A Figura 2.10 apresenta uma comparação com valores indicativos de transmissão de energia térmica com os 2 tipos de vidros.

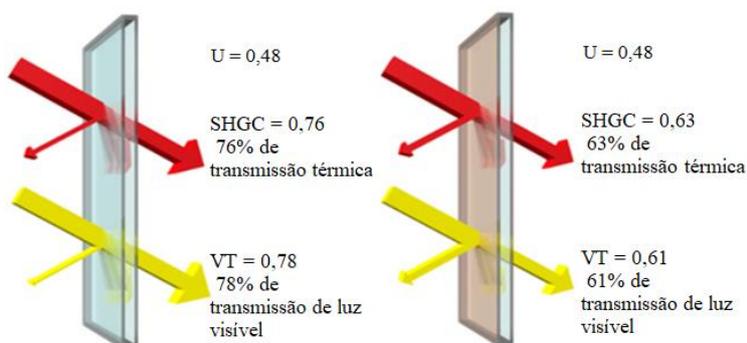


Figura 2.10 – Transferência de calor num vidro duplo incolor vs colorido (Adaptado de [43])

Através da observação da Figura 2.10 e comparando-a com a Figura 2.8, verifica-se que a configuração de vidro duplo apenas apresenta coeficientes de transmissão térmica e luminosa inferiores. Tal como aconteceu com a configuração de vidro simples, a existência de um vidro colorido pode ser benéfica no verão e desvantajosa no inverno, dependendo das condições climáticas do local onde o edifício está construído [39].

### 2.2.3.3. Vidro duplo de baixa emissividade

Como visto na secção 2.2.1.3, referente à radiação, a emissividade é uma propriedade física relacionada com o acabamento superficial de um material, que representa a quantidade de radiação por ele emitida. Um material com baixa emissividade possui uma maior dificuldade na transmissão de calor, mantendo a temperatura por mais tempo e provocando um menor desconforto térmico por radiação nas suas proximidades [39].

Os vidros anteriormente apresentados possuem uma alta emissividade. De modo reduzir a energia radiante por eles emitida, foram desenvolvidas películas e vidros que possuem baixa emissividade reduzindo as perdas de calor [27].

Os vidros de baixa emissividade possuem um tratamento superficial por meio de um revestimento metálico que tem a função de minimizar o ganho solar através dele, filtrando parte do espectro, enquanto permite a passagem de luz. Este tipo de vidro reflete a maior parte da radiação que aumentaria a temperatura (infravermelha), sem restringir a passagem da luz [39, 47]. Os fluxos de energia deste tipo de vidros são ilustrados na Figura 2.11.

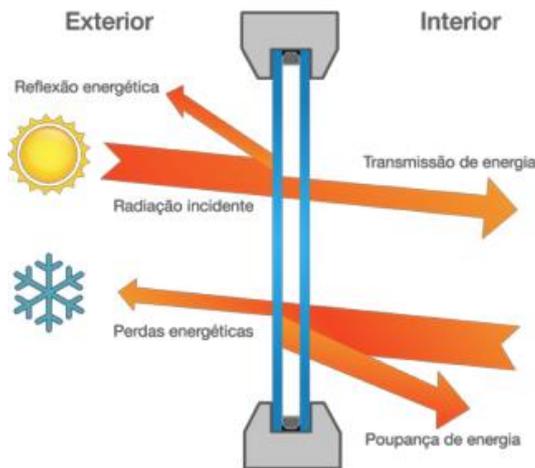


Figura 2.11 – Fluxos de energia num vidro de baixa emissividade [48]

Através da Figura 2.11 é possível observar que no verão o vidro consegue proporcionar uma reflexão energética da radiação incidente, refletindo os raios ultravioletas e os infravermelhos, reduzindo assim o transporte de calor para dentro do edifício. Por outro lado, no inverno impede que o calor saia para o exterior, conseguindo-se assim uma maior capacidade de retenção de calor no interior das habitações, sendo assim possível reduzir-se as necessidades de energia para aquecimento.

Existem 3 tipos de vidros duplos de baixa emissividade: alto, moderado e baixo ganho solar. Como pode-se observar na Figura 2.12, estes tipos de vidro são distinguidos pela capacidade de ganho solar, levando a que cada um seja adequado a um determinado clima.

	<b>Alto Ganho Solar</b>	<b>Moderado Ganho Solar</b>	<b>Baixo Ganho Solar</b>
	$U = 0,26$	$U = 0,25$	$U = 0,24$
	SHGC = 0,67 67% de transmissão térmica	SHGC = 0,42 42% de transmissão térmica	SHGC = 0,26 26% de transmissão térmica
	VT = 0,78 78% de transmissão da luz visível	VT = 0,72 72% de transmissão da luz visível	VT = 0,64 64% de transmissão da luz visível

Figura 2.12 – Comparação dos vidros duplos de baixa emissividade (Adaptado de [43])

Analisando a Figura 2.12 é possível observar que este tipo de vidro apresenta valores de fator solar bastante mais reduzidos face aos dois estudados anteriormente.

O vidro de alto ganho solar é aquele que apresenta o maior valor de fator solar, ou seja, será o vidro que irá apresentar mais ganhos de calor, sendo adequado para edifícios localizados em climas em que há necessidade de aquecimento. Por outro lado, o vidro de baixo ganho solar apresenta um fator solar mais reduzido, reduzindo a entrada de calor no espaço por radiação térmica. Assim, irá permitir reduzir os ganhos de calor, sendo indicado para um local onde existe necessidade de arrefecimento.

#### **2.2.4. Tipos de caixilharia**

As superfícies envidraçadas são constituídas pelos painéis de vidros e as caixilharias, cuja função principal é sustentar o vidro. A caixilharia também deve conseguir fornecer determinadas características, tais como: estanquicidade e um bom isolamento térmico ao edifício, impedindo a entrada de o frio no inverno e o efeito de aquecimento no verão [49].

Para a escolha e dimensionamento da caixilharia, deve-se de ter em conta que esta representa cerca de 30% da área total da superfície envidraçada. Apesar de ser uma pequena percentagem, a sua contribuição para a transferência de calor poderá ser substancialmente superior, tendo em conta o tipo de caixilharia escolhida. Um dimensionamento incorreto deste componente pode tornar um ambiente escuro, ruidoso e providenciar um baixo conforto térmico [50].

As caixilharias podem ser construídas com uma ampla variedade de materiais, podendo apenas ser produzida unicamente por um material ou pela combinação de dois materiais. Dependendo dos materiais com que são construídos, os caixilhos tomam as seguintes designações mais comuns [51]:

- Caixilhos de madeira;
- Caixilho de plástico (em geral PVC);
- Caixilho metálico (alumínio), usualmente com adição de materiais isolantes para melhorar o desempenho térmico, designados por caixilhos com corte térmico.

#### **2.2.4.1. Madeira**

A madeira é um material que se encontra abundantemente na natureza e foi dos primeiros a ser utilizado no fabrico de caixilhos em edifícios de habitação. Além da sua disponibilidade, é fácil de moldar nas diversas formas para dar forma às superfícies envidraçadas [46]. Apresenta a vantagem de ser um mau condutor de calor, sendo por isso um material isolante. Atualmente a utilização deste material em caixilharias tem vindo a ser abandonada, por necessitar de bastante manutenção. É um material propenso ao aparecimento de fendas, permitindo a infiltração de ar e água no interior da habitação.

Uma forma de aumentar a durabilidade dos caixilhos de madeira passa por revestir as suas superfícies exteriores com alumínio ou PVC, sendo assim designados como caixilharias híbridas. Desta forma, com o uso de outros materiais no exterior, obtém-se uma boa resistência aos agentes agressivos do meio ambiente, aumentando a durabilidade da superfície envidraçada. Por outro lado, garante-se uma estética mais tradicional no interior das habitações e um bom isolamento térmico, devido ao uso da madeira, garantindo um carácter mais acolhedor ao edifício [46, 52].

#### **2.2.4.2. PVC**

O PVC é um plástico que se caracteriza por ter uma baixa condutividade térmica, levando a que as caixilharias com este material ajudem a minimizar a perda de calor através delas. Desta forma, as caixilharias em PVC são ótimas isoladoras, ajudando a que a casa se mantenha quente ou fria por mais tempo, diminuindo assim os gastos energéticos [53]. Por outro lado, este tipo de caixilharias apresenta bastantes dilatações térmicas, podendo causar a perda da estanquidade ou o aparecimento de fendas [54].

Este tipo de caixilharias apresenta um valor de coeficiente de transmissão térmico mais reduzido que os de alumínio, obtendo-se assim um melhor isolamento térmico [49].

#### **2.2.4.3. Alumínio**

O alumínio é um material bastante abundante no planeta, leve, resistente e de elevada condutibilidade térmica e coeficiente de dilatação térmica [55]. Apesar das caixilharias em alumínio serem bastante utilizadas, apresentam um baixo isolamento térmico e permitem fugas de calor pelas calhas onde correm as janelas ou mesmo pelas junções.

De modo a melhorar este aspeto bastante negativo para o conforto térmico no interior das habitações, foram desenvolvidas caixilharias de alumínio com corte térmico [53], que

providenciam a redução da transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício. Para garantir características mais isolantes, as caixilharias interior e exterior são interligadas por peças produzidas em materiais de baixa condutibilidade térmica [51]. Para além do aumento de isolamento, com a instalação de uma caixilharia desta natureza, pretende-se o desaparecimento do efeito de condensação. Este fenómeno acontece em regiões em que o clima é mais frio, especialmente quando a temperatura exterior é inferior ao ponto de orvalho na sua vizinhança. De modo a impedir este fenómeno, ao instalar-se uma caixilharia de corte térmico, a temperatura do vidro interior irá aumentar, eliminando o aparecimento da condensação [56]. Para além destas características, este tipo de caixilharia tem a capacidade de suportar dois painéis de vidro mais espessos e de ter uma câmara de ar superior, fazendo com que se consiga uma acentuada diminuição nos custos em climatização [53].

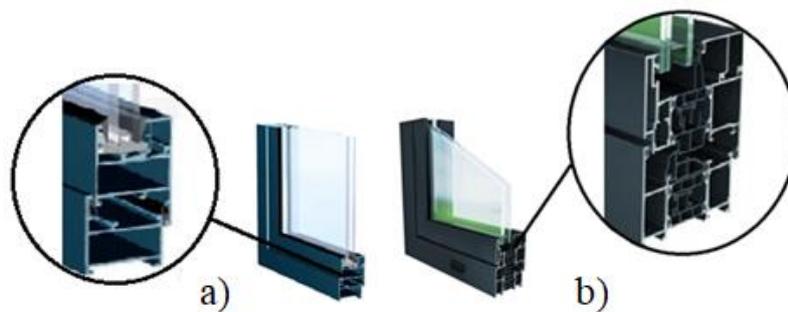


Figura 2.13 – Caixilharias de alumínio: a) sem e b) com corte térmico [57]

Na Figura 2.13 é possível observar que a diferença da estrutura dos dois tipos de caixilharia, salientando-se a presença de um material plástico no interior da caixilharia com corte térmico. Desta forma, como o plástico apresenta uma condutibilidade térmica inferior do que a do ar, a caixilharia irá ser mais isolante.

### 2.2.5. Dispositivos de sombreamento

A análise das secções anteriores permitiu concluir que a introdução de mais vidros (e uma câmara de ar) ou de películas de baixa emissividade podem baixar os ganhos provenientes da radiação solar, sendo uma abordagem vantajosa no verão. No entanto, no inverno os ganhos solares são desejáveis, pois aquecem passivamente o interior do edifício, ajudando a diminuir os gastos em energia. Com o objetivo de se obter um maior controlo sobre os ganhos solares através das superfícies envidraçadas, ajudando a diminuir a quantidade de calor que as atravessa, podem-se introduzir dispositivos de sombreamento.

Os dispositivos de sombreamento são elementos que têm a função de controlar a quantidade de radiação solar incidente no envidraçado, melhorando desta forma as condições térmicas e lumínicas [58]. Os dispositivos de sombreamento podem ser classificados quanto à sua respectiva localização no edifício (interior ou exterior), ao tipo de manuseamento (fixos ou móveis) e à orientação solar (verticais ou horizontais).

Os dispositivos de sombreamento colocados no interior não impedem que os raios solares intercebam o vidro. Assim, e tendo em conta que o vidro é opaco às ondas infravermelhas, a radiação emitida pelas superfícies absorventes irá permanecer no interior do espaço, aquecendo-o. Por outro lado, os dispositivos exteriores fazem com que os raios solares dispersem antes de atingir o vidro. Desta forma, os dispositivos de sombreamento interiores são menos eficazes que os exteriores [59]. Na Figura 2.14 é possível observar um exemplo de sombreamento exterior e interior.

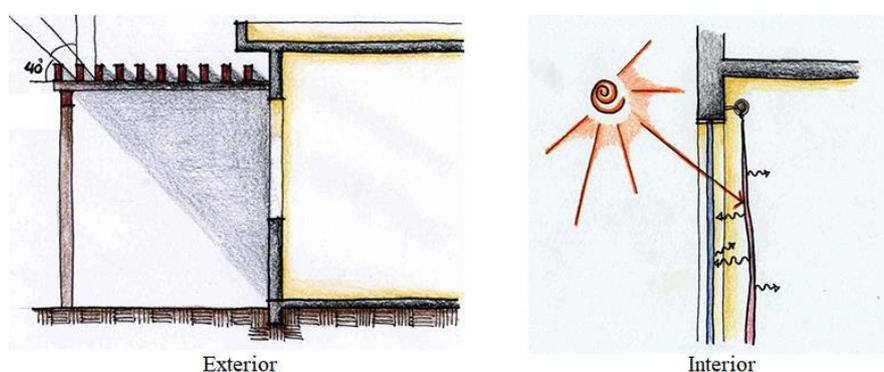


Figura 2.14 – Sombreamento exterior e interior [60]

Como já dito, os dispositivos de sombreamento podem ser fixos ou móveis. Enquanto os fixos são projetados principalmente para proporcionar sombreamento às superfícies envidraçadas, os móveis podem ser usados para controlo de ganhos térmicos e redirecionar a luz solar. Os dispositivos móveis proporcionam uma maior flexibilidade, porque podem-se ajustar manual ou automaticamente às condições ambientais e/ou às preferências dos ocupantes [61].

Tendo em conta a influência da orientação solar diária nos ganhos solares (Tabela 2.2) e da baixa inclinação que o sol apresenta, os dispositivos de sombreamento verticais são mais eficazes nas superfícies envidraçadas viradas para este e oeste, sendo que o sombreamento deverá ser maior a oeste [27]. Por outro lado, como a orientação do sol é mais elevada nos envidraçados virados para sul, a eficácia de sombreamento é melhor se possuírem um dispositivo de sombreamento horizontal [62]. Contudo, como estes dispositivos proporcionam um maior sombreamento, também limitam a entrada de luz

natural no espaço. Para colmatar este problema, os dispositivos de sombreamento horizontais podem funcionar como *light shelves*, no qual permite direcionar a luz solar direta para o teto, proporcionando um maior nível de iluminação natural através da reflexão difusa e protegendo, ao mesmo tempo, da entrada de radiação direta [59]. Através da Figura 2.15 pode-se observar estes dois sistemas no inverno e no verão.

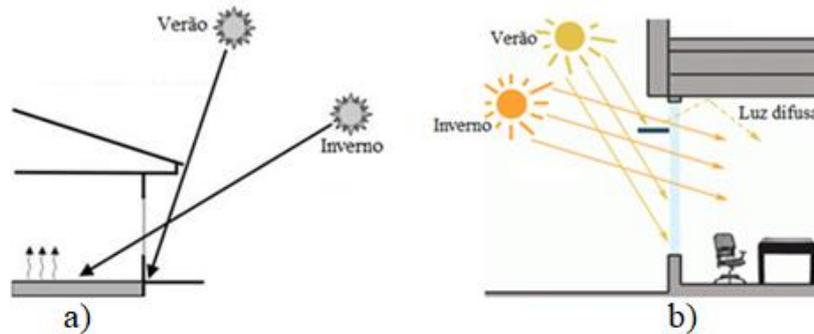


Figura 2.15 – Sistemas de sombreamento a) horizontal; b) *light shelves*  
[Adaptado de: a) [63], b) [64]]

Analisando a Figura 2.15 a), observa-se as diferenças da influência de um dispositivo de sombreamento horizontal na estação de verão e de inverno. No inverno, o baixo ângulo solar permite que a radiação incida diretamente no vidro, aquecendo passivamente o interior da habitação. Por outro lado, no verão, o dispositivo de sombreamento evita que os raios solares incidam no vidro, prevenindo desta forma o aquecimento do interior do edifício. Na Figura 2.15 b) é possível observar o dispositivo a funcionar como *light shelves*. A pala horizontal encontra-se a uma altura mais baixa que o teto, permitindo que a luz solar incida nela e seja refletida para o teto no interior da habitação e, simultaneamente, evita que grande parte da radiação incida no vidro. Desta forma, obtém-se uma boa iluminação natural no interior dos espaços e reduz-se a temperatura interior.

### 2.3. Programas de simulação dinâmica

Neste capítulo serão apresentadas as ferramentas computacionais de simulação dinâmica para edifícios. A simulação dinâmica é entendida como “a previsão de consumos de energia correspondentes ao funcionamento de um edifício e respetivos sistemas energéticos que tome em conta a evolução de todos os parâmetros relevantes com a precisão adequada, numa base de tempo pelo menos horária, para diferentes zonas térmicas e condições climáticas de um ano de referência” [65]. A utilização destas ferramentas computacionais contribui para a análise da eficiência energética de um

edifício, tanto na fase de projeto, como na realização de um estudo de otimização realizado a um edifício já existente.

### **2.3.1. Programas de simulação**

Segundo o Decreto de Lei nº 79/2006 [5], deverão ser utilizados programas de simulação térmica dinâmica acreditados pela norma ASHRAE 140-2004, tais como, TRACE 700, *EnergyPlus*, *Hourly Analysis Program (HAP)*, DOE-2.2, entre outros [66]. No presente trabalho, apenas irão ser abordados os programas *EnergyPlus* e o *Hourly Analysis Program*.

#### **2.3.1.1. EnergyPlus**

O *EnergyPlus* é um programa gratuito que permite a simulação energética de edifícios, através dos sistemas de aquecimento, arrefecimento, iluminação, ventilação e outros fluxos energéticos modelados [67]. A simulação pode considerar a geometria do edifício, os elementos da envolvente ou sistemas de climatização incorporados no edifício. Uma das grandes vantagens no estudo do desempenho térmico de edifícios com o recurso a este programa consiste na sua capacidade de simular e apresentar resultados (valores de *output*) com intervalos de tempo inferiores a uma hora definidos pelo utilizador. Algumas das principais características e recursos do *EnergyPlus* são as seguintes [68]:

- Calcular a transferência de calor entre os diferentes espaços;
- Condução de calor transitório através dos elementos do edifício tais como paredes, telhados, piso, etc;
- Controlar a posição de cortinas/estores;
- Calcular a energia solar absorvida pelas superfícies envidraçadas com e sem sombreamento;
- Calcular a quantidade de iluminação e brilho, tendo em conta o conforto visual;
- Modelos de conforto térmico baseado na atividade, temperatura interior, humidade, etc.;

- Configurar sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) que permitem aos utilizadores modelar sistemas comuns, assim como sistemas ligeiramente modificados, sem ter de recompilar o código fonte do programa.

### 2.3.1.2. Hourly Analysis Program (HAP)

O *Hourly Analysis Program* (HAP), também designado como Carrier HAP, é uma ferramenta computacional que auxilia engenheiros em projetos de AVAC. Este programa consiste em duas ferramentas: uma tem o propósito de estimar cargas e projetar sistemas; a outra permite simular o consumo energético do edifício e calcular os custos de energia para as 8760 horas num ano. Os resultados da análise de energia são usados para comparar o uso e os custos de energia de projetos alternativos de sistemas AVAC. Durante uma simulação, o HAP executa as seguintes tarefas [69]:

- Simula a operação hora-a-hora de todos os sistemas de aquecimento e ar condicionado no edifício, e de todos os equipamentos da central do edifício;
- Simula a operação hora-a-hora dos sistemas que não são AVAC, tais como, luzes e equipamentos;
- Utiliza os resultados das simulações de hora-a-hora para calcular o uso anual total de energia e custos;
- Gera relatórios, em formato tabela ou gráfico, de dados horários, diários, mensais e anuais.

### 2.3.2. Programas de modelação e parametrização

A modelação no *EnergyPlus* não é de simples utilização. Para tal, existem outras ferramentas computacionais que permitem de uma forma intuitiva a modelação geométrica e a parametrização do edifício, tal como é possível observar na Figura 2.16.

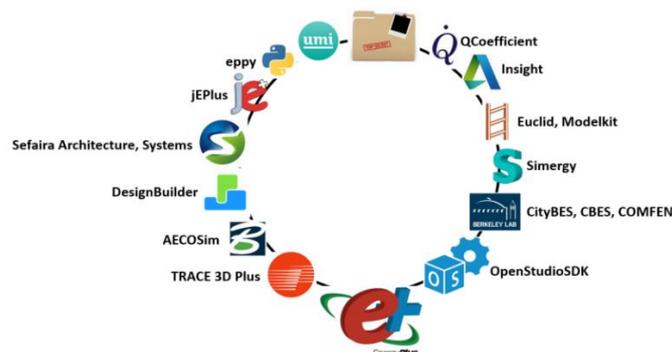


Figura 2.16 – Programas e ferramentas possíveis de utilizar o EnergyPlus [70]

Na Figura 2.16 é possível observar os diversos programas e ferramentas que utilizam o *EnergyPlus* como motor de simulação. Dentro destes destacam-se o *OpenStudio* e o *DesignBuilder*.

### 2.3.2.1. OpenStudio

O *OpenStudio* é uma ferramenta computacional gratuita e *open source*, de forma a facilitar o seu desenvolvimento e ampliação. A sua utilização tem como objetivo realizar modelações energéticas para edifícios, utilizando como motor de simulação os programas informáticos: *EnergyPlus* e *Radiance*<sup>2</sup>. O *OpenStudio* disponibiliza 4 aplicações gráficas: *OpenStudio SketchUp Plug-in*, *OpenStudio Application*, *ResultsViewer* e o *Parametric Analysis Tool* [71].

O *OpenStudio SketchUp Plug-in* é uma extensão instalada no *SketchUp*, permitindo desenvolver mais facilmente uma geometria 3D que possa ser utilizada no *EnergyPlus*. Dentro desta, existe a opção do *OpenStudio Inspector*, no qual permite visualizar, alterar e acrescentar a informação presente no modelo. Através do clique no componente desejado, torna-se mais fácil a sua caracterização, tais como, alterar o tipo de porta e de superfície envidraçada, observar os nomes atribuídos às superfícies opacas e envidraçadas, entre outras.

O *OpenStudio Application* permite a parametrização do modelo, tais como: clima do local em estudo (por importação do ficheiro *weather*), definição das cargas internas e os seus horários, constituições das envolventes exteriores e interiores, sistemas de AVAC, entre outras funcionalidades, através de uma interface gráfica intuitiva. Permite indicar as variáveis de saída que se pretendem observar, como por exemplo, temperatura interior, ganho e perda de calor por cada superfície envidraçada, entre outros, cujos resultados serão apresentados em modo gráfico através do módulo *ResultsViewer*.

O *Parametric Analysis Tool* permite estudar o impacto da aplicação de várias combinações de medidas do *OpenStudio* em relação a um modelo base [71].

### 2.3.2.2. DesignBuilder

O *DesignBuilder* é um programa informático, não gratuito, que combina simulações energéticas avançadas com a rápida tecnologia de modelação existente no mercado.

---

<sup>2</sup> *Radiance* – programa que permite simular a luz natural no espaço.

Permite analisar diversos dados de desempenho como o consumo de energia, temperaturas máximas, dimensionamento dos sistemas AVAC, entre outros, sendo tipicamente utilizado para [72]:

- Cálculo do consumo energético do edifício;
- Simulação térmica de edifícios naturalmente ventilados;
- Cálculo para dimensionamento dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento;
- Análise da luz natural e modelação de sistemas de controlo de iluminação, calculando as poupanças na energia elétrica;
- Visualização da disposição do espaço e do sombreamento solar.

Ao contrário do *OpenStudio*, em que se torna necessário recorrer a outro programa para realizar a modelação geométrica, o *DesignBuilder* apresenta a vantagem de permitir a modelação geométrica e a parametrização num só programa. No entanto, o facto de o *OpenStudio* ser totalmente gratuito e o *DesignBuilder* não ser, torna-se uma desvantagem. Apesar disso, os parâmetros descritos nos capítulos anteriores podem ser simulados em ambos os *softwares*, tais como, o índice PPD e PMV, potência calorífica pelas superfícies envidraçadas e envolventes opacas, entre outras.

*Esta página foi deixada em branco propositadamente*  
*This page was left in blank intentionally*

### 3. Caso de estudo

Neste capítulo serão apresentados todos os parâmetros implementados nos programas informáticos, para a correta simulação térmica e energética do caso de estudo.

#### 3.1. Descrição do caso de estudo

Para a realização do caso de estudo, considerou-se uma moradia unifamiliar, localizada no concelho de Mafra, distrito de Lisboa. Possui dois andares, sendo que para efeitos de estudo, apenas será considerado o piso térreo, com uma área útil de 89,25 m<sup>2</sup> e um pé direito de 2,8 m. A Tabela 3.1 apresenta os espaços em estudo, bem como a área e o volume de cada um, sendo que na Figura 3.1 é apresentado a planta da moradia.

Tabela 3.1 – Espaços e respetiva área e volume

Espaços	Área [m <sup>2</sup> ]	Volume [m <sup>3</sup> ]
Casa de Banho	4,24	11,87
Cozinha	18,05	50,54
Escritório	11,08	31,02
Hall	17,22	48,22
Sala	38,66	108,24

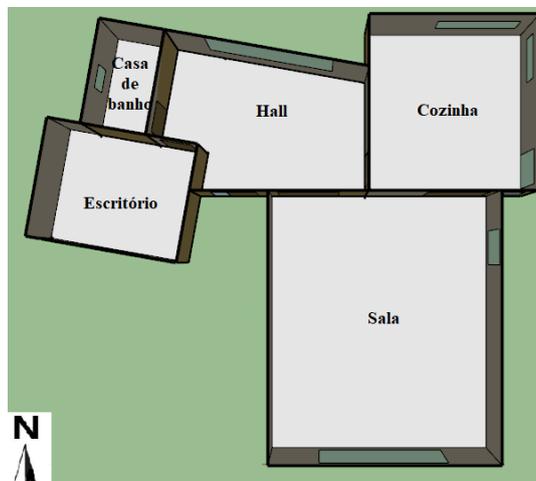


Figura 3.1 – Planta da moradia vista de cima

##### 3.1.1. Constituição das envolventes opacas

As envolventes opacas (ex.: paredes, terraços, etc.) apresentam uma grande importância no que diz respeito às trocas de energia sob a forma de calor entre as áreas do interior e do exterior. Estas trocas são influenciadas pela resistência térmica (R) no qual é determinada pelo quociente entre a espessura e a condutividade térmica (k) de cada camada que constitui a envolvente opaca. Realizando o inverso do somatório das

resistências térmicas, é possível obter o coeficiente global de transmissão térmica (U), no qual permite caracterizar a propriedade do isolamento térmico da envolvente opaca. Para além disto, importa ainda saber a massa específica ( $\rho$ ) de cada camada, que multiplicada pela espessura de cada uma, é possível obter a inércia térmica. Através desta é possível saber a capacidade que a envolvente tem em contrariar as variações de temperatura no interior. A descrição das camadas que compõem cada parede, o pavimento e a cobertura são apresentadas da Tabela 3.2 à Tabela 3.5, ordenadas do exterior para o interior. Os valores foram obtidos com recurso ao ITE50 do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) [51].

Tabela 3.2 – Constituição e características dos materiais das paredes exteriores

	Espessura [m]	k [W/m.°C]	R [m <sup>2</sup> .°C /W]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> .°C]
Reboco	0,015	1,3	0,012	2000	0,514
Tijolo	0,011	0,407	0,27	700	
Caixa de ar	0,01	-	0,15	1,23	
Poliestireno Extrudido	0,04	0,037	1,081	35	
Tijolo	0,011	0,407	0,27	700	
Reboco	0,015	1,3	0,012	2000	

Através da Tabela 3.2 é possível observar que o poliestireno extrudido é o material com a maior resistência térmica, indicando que é um material eficaz no isolamento térmico. Tal acontece devido ao facto de ser o material com maior espessura e menor condutividade térmica. O coeficiente global de transmissão térmica da parede exterior é de 0,514 W/m<sup>2</sup>.°C.

Na Tabela 3.3 apresenta-se a constituição e as características dos materiais das paredes interiores.

Tabela 3.3 – Constituição e características dos materiais das paredes interiores

	Espessura [m]	k [W/m.°C]	R [m <sup>2</sup> .°C /W]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> .°C]
Estuque	0,01	0,57	0,018	1000	1,227
Tijolo	0,2	0,385	0,52	590	
Estuque	0,01	0,57	0,018	1000	

Analisando a Tabela 3.3 é possível observar que o tijolo é o material com maior resistência térmica dos 3 que constituem a parede interior. Comparando com a Tabela 3.2, observa-se que esta apresenta um maior valor de U, indicando assim um menor

isolamento térmico. No entanto, como trata-se das paredes interiores, não se torna num caso crítico.

Na Tabela 3.4 e Tabela 3.5 apresenta-se a constituição e as características dos materiais do pavimento da sala, hall e escritório, e da cozinha e casa de banho, respetivamente.

*Tabela 3.4 – Constituição e características dos materiais do pavimento da sala, hall e escritório*

	Espessura [m]	k [W/m.°C]	R [m <sup>2</sup> .°C /W]	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> .°C]
Argamassa e Reboco	0,02	1,3	0,015	1900	0,67
Laje Maciça	0,22	2,5	0,088	2400	
Poliestireno Extrudido	0,04	0,037	1,081	35	
Betão Normal	0,05	1,65	0,03	2150	
Madeira	0,015	0,13	0,115	330	

*Tabela 3.5 – Constituição e características dos materiais do pavimento da cozinha e casa de banho*

	Espessura [m]	k [W/m.°C]	R [m <sup>2</sup> .°C /W]	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> .°C]
Argamassa e Reboco	0,02	1,3	0,0154	1900	0,72
Laje Maciça	0,22	2,5	0,088	2400	
Poliestireno Extrudido	0,04	0,037	1,081	35	
Betão Normal	0,05	1,65	0,03	2150	
Cerâmica	0,015	1,3	0,012	2300	

Analisando a Tabela 3.4 e a Tabela 3.5, observa-se que estas diferem na camada exterior. A sala, o hall e o escritório por possuírem um pavimento de madeira (material mau condutor de calor), permite uma redução de 6,9% no U face à utilização da cerâmica na cozinha e na casa de banho. Desta forma, as trocas de calor pelo pavimento serão menores na sala, hall e escritório.

Na Tabela 3.6 apresenta-se a constituição e as características dos materiais da cobertura.

Tabela 3.6 – Constituição e características dos materiais da cobertura

	Espessura [m]	k [W/m.°C]	R [m <sup>2</sup> .°C /W]	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> .°C]
Poliestireno Extrudido	0,04	0,04	1,081	35	0,383
Aço	0,03	50	0,001	2400	
Geotextil Poliéster	0,001	0,04	0,026	30	
Impermeabilização Asfáltica	0,003	0,23	0,013	7800	
Espuma de Polisocianurato	0,035	0,04	0,875	35	
Argila Expandida	0,05	0,19	0,263	1200	
Laje Maciça	0,22	2,5	0,088	2400	
Aglomerado Cortiça	0,005	0,05	0,111	115	
Argamassa e Reboco	0,02	1,3	0,015	1900	

Analisando a Tabela 3.6, observa-se que a cobertura é a envolvente opaca que apresenta um menor coeficiente global de transmissão térmica, fruto de uma maior quantidade de camadas com materiais isolantes.

### 3.1.2. Superfícies envidraçadas no edifício

Todos os espaços contêm superfícies envidraçadas, sendo possível realizar um estudo nas diferentes orientações. A cozinha é o espaço que apresenta a maior quantidade de superfícies envidraçadas (quatro), sendo a sala o espaço que possui a de maior dimensão. Salienta-se que em todas elas, a caixilharia será de PVC com corte térmico, com um valor de 1,3 W/m<sup>2</sup>. °C de coeficiente de transmissão térmica ( $U_f$ ) [73], correspondentes a 30% da área da superfície envidraçada. Em todas as superfícies envidraçadas, a caixilharia terá uma distância de 2 cm do vidro, tanto do lado interior como exterior, e nenhuma terá divisórias verticais ou horizontais no vidro. Na Tabela 3.7 apresenta-se a localização e a orientação das superfícies envidraçadas, bem como as respetivas áreas.

Tabela 3.7 – Orientação e área das superfícies envidraçadas por cada espaço

Espaço	Orientação	Área [m <sup>2</sup> ]
Casa de Banho	Oeste	0,81
Cozinha	Norte	2,51
	Este	1,37
	Este (Porta)	2,16
	Sul	0,68
Escritório	Sul	3,89
Hall	Norte	7,69
	Sul	0,8
Sala	Este	2,42
	Sul	8,64

### 3.1.3. Ocupação e tipo de atividade

A taxa de ocupação nos espaços ao longo do dia é importante na medida em que o número de ocupantes e o tipo de atividade realizado por cada um, pode influenciar a variação da temperatura interior. Salienta-se que apenas o hall não terá um perfil de ocupação, visto ser um local de passagem e não possui permanência de pessoas, definindo-se que no edifício habitam 2 pessoas.

Outro parâmetro a ter em conta é o tipo de atividade, que reflete a potência calorífica libertada por cada ocupante no espaço, tendo em conta o tipo de atividade que se encontra a efetuar, os valores considerados podem ser observados na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – Nível de atividade em cada espaço [74]

Espaço	Nível de atividade [W/pessoa]
Casa de banho	100
Cozinha	160
Escritório	120
Hall	150
Sala	120

### 3.1.4. Iluminação

O edifício possui sistemas de iluminação que consomem energia elétrica e produzem calor, o que influencia a carga térmica interna. Em todos os espaços, a iluminação considerada é de LED, sendo que a potência total por área, em cada espaço, pode ser observada na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Potência total de iluminação por área em cada espaço [75]

	Potência Total [W/m <sup>2</sup> ]
Cozinha	11
Casa de Banho	10,5
Escritório	10,5
Hall	8
Sala	10

### 3.1.5. Infiltrações

Devido à presença de frestas e portas, considera-se a existência de infiltração de ar nos espaços. Esta infiltração de ar externo não controlada nos espaços, influencia tanto a temperatura como a humidade. Assim, através da Portaria nº349-B/2013 [76], observa-se que o valor mínimo de taxa de renovação de ar nos edifícios de habitação, deve ser igual ou superior a 0,4 renovações por hora. Para a realização deste estudo, assumiu-se um valor 0,6 renovações por hora em cada espaço.

### 3.1.6. Sistema de AVAC

Para o estudo da análise económica será necessário modelar dois tipos de sistemas de climatização: um piso radiante elétrico e um sistema fluído refrigerante variável (na literatura inglesa, *Variable Refrigerant Flow* - VRF).

O piso radiante elétrico será instalado na casa de banho apenas com a função de aquecimento, com uma temperatura de *set-point* de 20 °C e uma tolerância (*throttling range*) de +/- 2 °C, ou seja, a temperatura interior poderá oscilar entre os 18 °C e os 22 °C.

O sistema VRF será instalado nos restantes 4 espaços, com uma temperatura de *set-point* de 18 °C e 27 °C para aquecimento e arrefecimento, no qual a unidade terminal terá uma pressão total estática de 300 Pa. No que diz respeito à unidade exterior, este terá uma potência de 12,1 kW e 13,6 kW de arrefecimento e aquecimento, respetivamente, com um coeficiente de desempenho (na literatura inglesa, *Coefficient of Performance* – COP) e um índice de eficiência energética (na literatura inglesa, *Energy Efficiency Ratio* – EER) de 4,17 e 4,86, respetivamente.

### 3.2. Modelação do edifício e das cargas térmicas

Para o presente trabalho escolheu-se o *software EnergyPlus* como motor de cálculo. Este programa apresenta vantagens face ao HAP, tais como, o facto de permitir associar com outros *softwares* (de modelação geométrica e energética) e pelo tipo de cálculo que permite realizar. No que diz respeito ao cálculo, ao contrário do HAP em que apenas as variáveis exteriores variam ao longo do tempo, no *EnergyPlus*, tanto as variáveis interiores como as exteriores, variam dinamicamente ao longo do tempo. Desta forma, será possível avaliar, ao longo do tempo, a temperatura interior e exterior, a troca térmica pelas superfícies opacas e envidraçadas, entre outras.

Para a parametrização do modelo de cargas térmicas, optou-se por desenvolvê-lo no *OpenStudio*. Este modelo contém informações como as condições climáticas do local, propriedades térmicas dos elementos construtivos, perfis de iluminação e utilização, assim como um modelo 3D do edifício desenvolvido no *SketchUp*. A escolha destes recaiu pelo facto de serem programas gratuitos, o que não é o caso do *DesignBuilder*.

Desta forma, irá recorrer-se ao *SketchUp/OpenStudio/EnergyPlus* para a realização do estudo do presente trabalho. A Figura 3.2 apresenta a arquitetura de ligação entre os *softwares*, assim como os dados definidos pelo utilizador e os resultados de simulação obtidos.

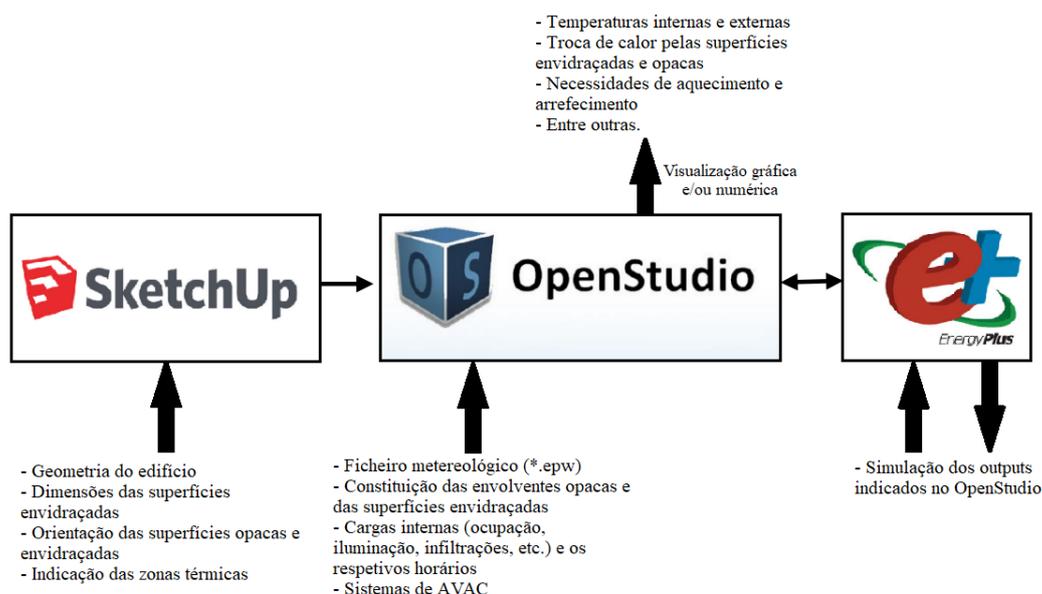


Figura 3.2 – Metodologia e parâmetros de simulação

Como é possível observar pela Figura 3.2, o modelo geométrico do edifício é desenvolvido no *SketchUp*. A interoperabilidade entre os softwares é realizada através do *OpenStudio SketchUp Plug-in*, que garante a transmissão dos dados. No *OpenStudio* é

realizada a implementação de todos os parâmetros necessários ao estudo, sendo que o *EnergyPlus* serve como ferramenta de cálculo.

### 3.2.1. Modelação geométrica do edifício

O modelo geométrico do edifício é desenvolvido no *SketchUp*, com recurso ao *OpenStudio SketchUp Plug-in*, no qual será possível visualizar e modelar as envolventes opacas e envidraçadas.

#### 3.2.1.1. Orientação espacial

A modelação geométrica inicia-se pela criação dos espaços, sendo que através desta o *OpenStudio* irá interpretar as dimensões das envolventes, calculando as respetivas áreas, bem como a orientação de cada uma. A determinação da orientação dos objetos é auxiliada através de um referencial, como se observa na Figura 3.3.

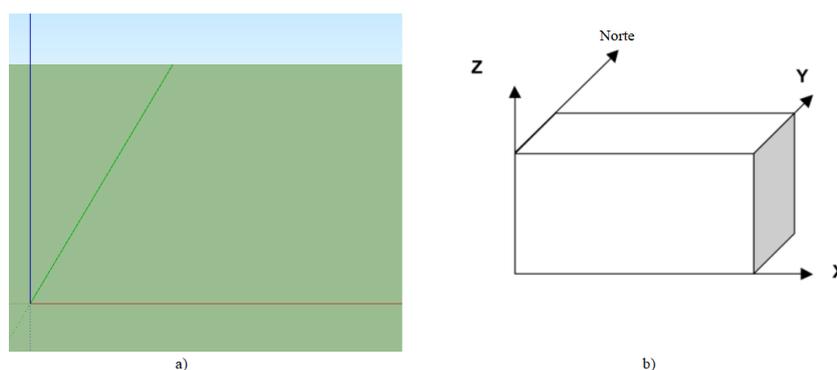


Figura 3.3 – Verificação da orientação espacial: a) *SketchUp*; b) *EnergyPlus*  
(Adaptado de: b) [77])

Através da Figura 3.3 é possível observar a presença de 3 eixos no *SketchUp* e o sistema de coordenadas que o *EnergyPlus* utiliza para o cálculo do sombreamento. Tendo em conta os eixos coordenados tridimensionalmente (x, y e z) da figura b), conclui-se que a linha a verde e a vermelha na figura a) correspondem ao norte e a este, respetivamente.

#### 3.2.1.2. Modelação das superfícies opacas

A modelação dos espaços é realizada através das ferramentas de desenho e da opção *new space* do plug-in, que permite definir a quantidade de espaços existentes no edifício. A ferramenta *push/pull* permite definir o pé direito desejado para todos os espaços seleccionados. O *software* define automaticamente os tipos de superfície por cores: cobertura (vermelho); paredes (amarelo); pavimento (cinzento), de modo a ser mais fácil a sua identificação, como é possível observar na Figura 3.4. Foram criados 5 espaços e

cada um foi definido com uma zona térmica para que o *EnergyPlus* possa considerar diferentes perfis de ocupação e temperatura, sendo possível por isso analisar as transferências de calor.

Tendo em conta que o *EnergyPlus* tem dificuldade em calcular as trocas de calor entre superfícies com mais de 4 lados, foi necessário adaptar as superfícies opacas para que a simulação seja realizada corretamente. Assim, foi necessário adicionar uma linha às superfícies com mais de 4 lados, tal é possível observar na Figura 3.4.

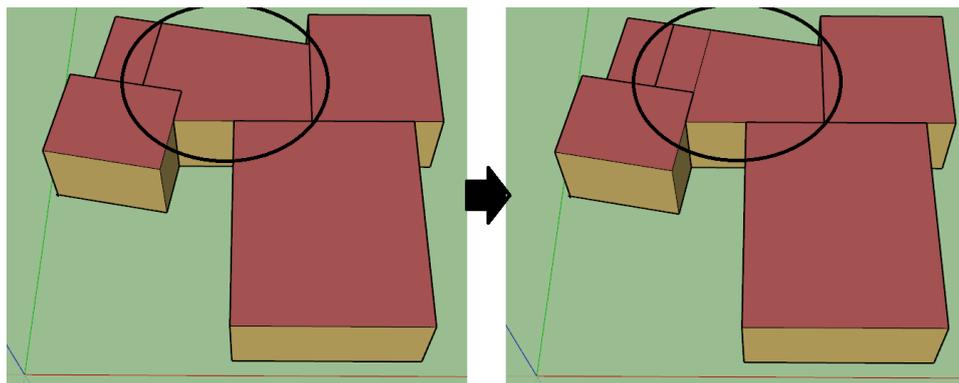


Figura 3.4 – Linha extra para tornar o hall com 4 lados (SketchUp)

Como é possível observar na Figura 3.4, devido à presença de 6 lados na cobertura do hall foi necessário desenhar uma linha extra, dividindo-a em dois polígonos quadrangulares. O mesmo aconteceu na superfície paralela a esta, caracterizada como o pavimento.

### 3.2.1.3. Modelação de portas e superfícies envidraçadas

A modelação das portas e das superfícies envidraçadas requer que seja selecionada a envolvente opaca desejada e desenhada de acordo com as suas dimensões. Se for desenhada no meio da envolvente, o programa assume automaticamente que se trata de uma superfície envidraçada. Caso esteja em contacto com a aresta junto ao pavimento, o *software* assume a designação de uma porta com superfície opaca. Contudo, através da opção do *OpenStudio Inspector* é possível alterar a caracterização definida para cada um dos objetos, como foi referido na secção 2.3.2. A Figura 3.5 apresenta alteração da parametrização da porta da cozinha para uma “GlassDoor”.

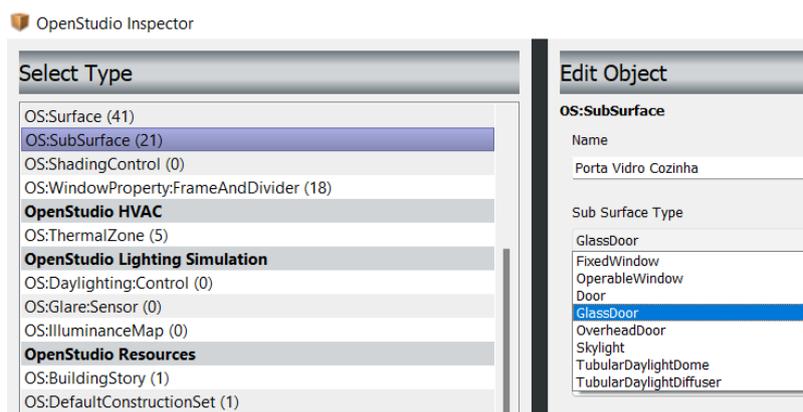


Figura 3.5 – OpenStudio Inspector alterar tipo de porta ou superfície envidraçada

O processo de modelação das portas interiores é igual ao das portas exteriores. Contudo, o programa assume que a porta apenas existe no espaço em que foi criada, ou seja, a porta não está ligada aos dois espaços. Para contornar esta limitação é necessário desenhar outra porta na parede pertencente ao espaço do outro lado e, através da funcionalidade do *OpenStudio Inspector*, indicar que é coincidente com a criada anteriormente. Desta forma, o programa irá considerar que aqueles dois espaços possuem uma porta interior em comum.

#### 3.2.1.4. Distinção envolventes interiores e exteriores

Esta secção descreve o processo de modelação das superfícies interiores e exteriores, definindo-se quais são as que apenas delimitam os espaços no interior do edifício e as expostas às condições meteorológicas, sol e vento. Como o modelo é criado espaço a espaço, inicialmente o programa assume que todas as superfícies são exteriores e, portanto, sujeitas às condições do exterior. A definição das superfícies como paredes interiores é realizada através de uma operação denominada por *surface matching*. O *SketchUp* identifica a relação entre as superfícies e a envolvente através de cores. As superfícies que estão com contacto com o solo são identificadas a amarelo, as que estão em sujeitas às condições do ambiente exterior com a cor azul e as que isolam os espaços interiores a verde. Na Figura 3.6 é possível observar como inicialmente todas as superfícies estão definidas como exteriores e, após a operação de *surface matching*, o programa define as interiores, identificando-as com a cor verde.

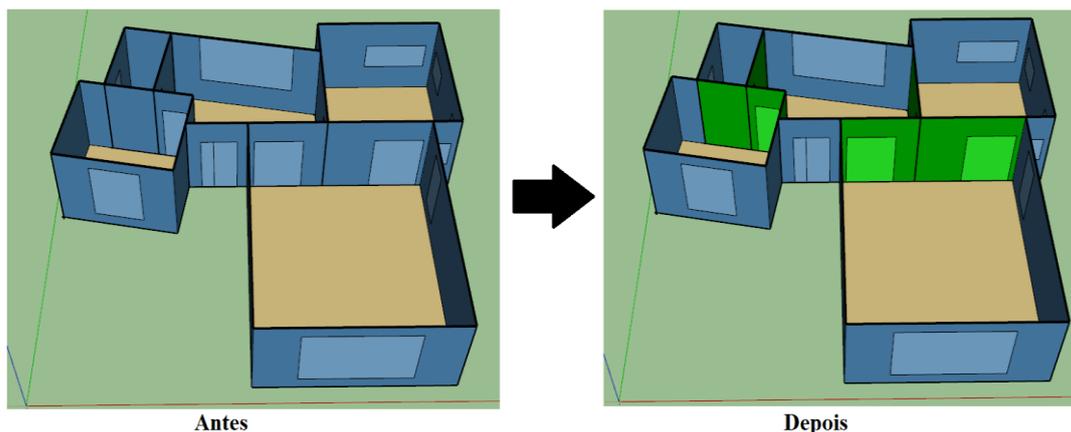


Figura 3.6 – Identificação das superfícies interiores e exteriores no SketchUp.

Além da definição do tipo de superfícies, ainda é possível personalizar no *OpenStudio Inspector* se uma superfície está somente exposta ao sol ou ao vento.

### 3.2.1.5. Modelação dos elementos construtivos

A modelação dos elementos construtivos é realizada com recurso à opção do *New Shading Surface Group*. O processo é idêntico ao da criação dos espaços, sendo necessário seleccionar em que vértice se pretende colocar esse elemento e desenhá-lo com as dimensões pretendidas, com recurso à ferramenta de desenho do *SketchUp*. O programa assume automaticamente que o objeto é um elemento construtivo, cuja constituição não é necessário ser definida. Devido a uma limitação do *EnergyPlus* que apenas considera superfícies com 4 lados na simulação, foi necessário corrigir os elementos construtivos com mais lados, tal como se procedeu na definição das superfícies opacas (secção 3.2.1.2). Na Figura 3.7 é possível observar a presença dos elementos construtivos de sombreamento horizontais, identificados com a cor roxa.

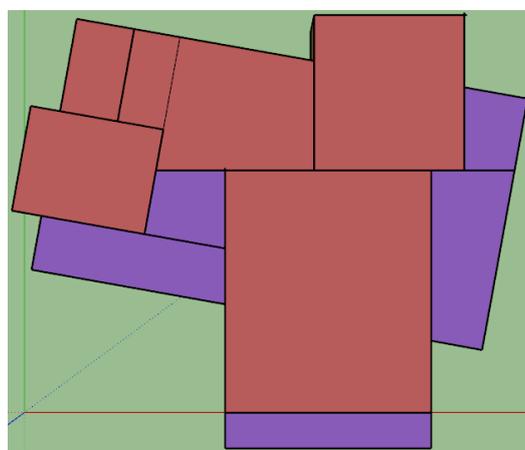


Figura 3.7 – Elementos construtivos (SketchUp)

### **3.2.2. Desenvolvimento do modelo energético**

Esta secção apresenta a modelação da climatização, cargas térmicas e parametrização dos elementos construtivos no programa *OpenStudio*, que é realizada após o desenvolvimento da modelação tridimensional, realizada no *SketchUp*. Uma vez instalado o *OpenStudio SketchUp Plug-in*, a passagem do programa de modelação geométrica para o de modelação energética é realizada seleccionando a opção “*OpenStudio*” na respetiva barra de ferramentas.

Como referido na secção 2.3.2, o *OpenStudio* possui uma representação gráfica intuitiva, que permite uma rápida e fácil parametrização do modelo energético quando comparado com o processo realizado no *EnergyPlus*. A interface gráfica encontra-se dividida por separadores com os diferentes tipos de parâmetros, tais como, horários, construções, sistemas de AVAC, entre outros.

#### **3.2.2.1. Localização e clima**

O separador “Localização e clima” permite introduzir os dados climáticos referentes à localização do edifício. Este processo é efetuado pela importação do ficheiro *weather* (\*.epw), responsável por fornecer os dados meteorológicos, bem como a latitude, longitude e altitude do local em estudo, cujos dados não podem ser alterados.

Para se realizar a simulação com sistema de AVAC será ainda necessário introduzir um ficheiro que apenas contém os dados dos dias de projeto (*Design Days*). Apesar de se ter mantido os dados do ficheiro nas simulações, estes podem ser alterados.

#### **3.2.2.2. Modelação das envoltentes opacas**

Nesta secção apresenta-se a modelação das envoltentes opacas. Este passo inicia-se pela parametrização de todos os materiais que as constituem, sendo necessário indicar a rugosidade, espessura, condutibilidade térmica, massa específica, calor específico e absorção térmica, solar e visível. Na Figura 3.8 é possível visualizar a interface de parametrização do material, com os dados da espessura, condutividade, massa e calor específico do aglomerado de cortiça expandido descritos na Tabela 3.6.

Materials	Name:
1/2IN Gypsum	Aglomerado de cortiça expandida
1IN Stucco	<b>Measure Tags (Optional):</b>
8IN CONCRETE HW RefBldg	Standard: <input type="text"/>
Aço	Standard Source: <input type="text"/>
Aglomerado de cortiça expandida	Standards Category: <input type="text"/>
Argamassa e Reboco	Standards Identifier: <input type="text"/>
Argila expandida	Composite Framing Material: <input type="text"/>
Betão normal	Composite Framing Configuration: <input type="text"/>
Cerâmica	Composite Framing Depth: <input type="text"/>
Cimento Cola	Composite Framing Size: <input type="text"/>
Espuma de polissocianurato soldável	Composite Cavity Insulation: <input type="text"/>
	<b>Roughness:</b> <input type="text" value="MediumRough"/>
	<b>Thickness:</b> <input type="text" value="0.005000"/> m
	<b>Conductivity:</b> <input type="text" value="0.045000"/> W/m·K
	<b>Density:</b> <input type="text" value="115.000000"/> kg/m <sup>3</sup>
	<b>Specific Heat:</b> <input type="text" value="170.000000"/> J/kg·K
	<b>Thermal Absorptance:</b> <input type="text" value="0.840000"/>
	<b>Solar Absorptance:</b> <input type="text" value="0.450000"/>
	<b>Visible Absorptance:</b> <input type="text" value="0.700000"/>

Figura 3.8 – Criação material (OpenStudio)

O parâmetro da rugosidade influencia o valor do coeficiente de convecção exterior [78] e pode ser selecionado a partir de uma lista pré-definida entre muito liso e muito rugoso. A escolha deste parâmetro para os materiais presentes na camada mais externa foi realizada com base na tabela presente no *BigLadder* [79].

Os três parâmetros da absorção são correspondentes à radiação e distinguem-se pelo tipo de onda que o material absorve. O parâmetro de absorção térmica corresponde à radiação de grande comprimento de onda, o de absorção solar corresponde à radiação solar incidente (inclui visível, infravermelha e ultravioleta) e o de absorção visível corresponde à radiação de comprimento de onda dentro da gama do visível [78]. Salienta-se que apenas foi possível encontrar os valores para a absorção térmica e solar, através do *Engineering Toolbox* [80, 81]. Para a absorção visível foi utilizado o valor pré-definido pelo programa.

Após a parametrização dos materiais, é definida a constituição da envolvente. Este processo é realizado arrastando as “caixas” correspondentes a cada material e colocando-as por ordem, do exterior para o interior. Na Figura 3.9 é possível observar uma constituição da parede dupla no *OpenStudio*.

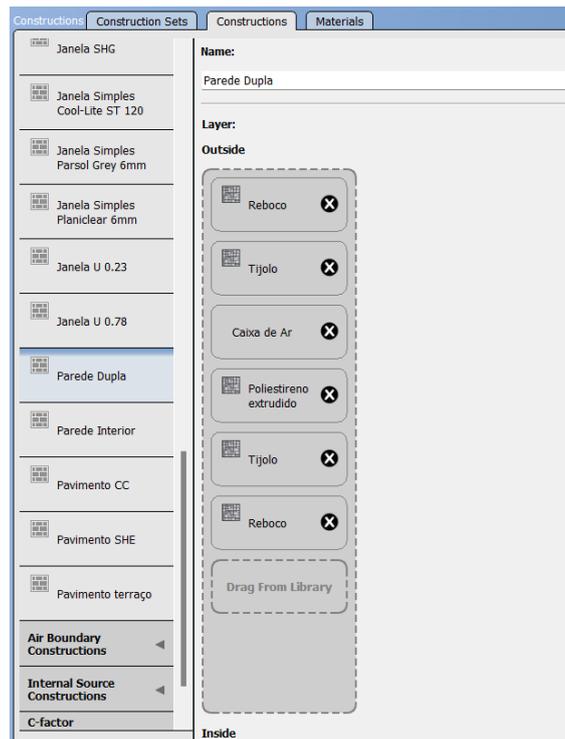


Figura 3.9 – Parametrização da constituição da envolvente opaca (OpenStudio)

### 3.2.2.3. Superfícies envidraçadas

A parametrização das superfícies envidraçadas é realizada no mesmo separador que a dos materiais de construção das superfícies opacas. Este processo pode ser realizado por dois métodos diferentes. O primeiro processo consiste em caracterizar a superfície envidraçada de forma global, indicando as três principais características do vidro (U, SHG e transmissão visível). Por outro lado, no segundo método são parametrizadas todas as camadas da superfície envidraçada, ou seja, se a superfície envidraçada possuir um vidro duplo, será necessário caracterizar o gás presente na câmara e os dois painéis de vidro. Neste método terá de se indicar as características da face externa e interna do vidro, como por exemplo, a transmissão e reflexão solar, características ligadas à emissividade, entre outras, bem como o tipo de gás, a sua condutividade térmica, viscosidade e calor específico, permitindo uma parametrização mais pormenorizada. No entanto, como apenas se sabe as características dos vidros do caso de estudo referentes ao primeiro método, será utilizado esse na parametrização das superfícies envidraçadas. Como esta caracterização corresponde a um material, será necessário criar uma construção com o nome da janela e colocar a superfície envidraçada criada, tal como se procedeu na construção dos elementos opacos. Na Figura 3.10 é possível observar a parametrização de um vidro duplo no *OpenStudio*.

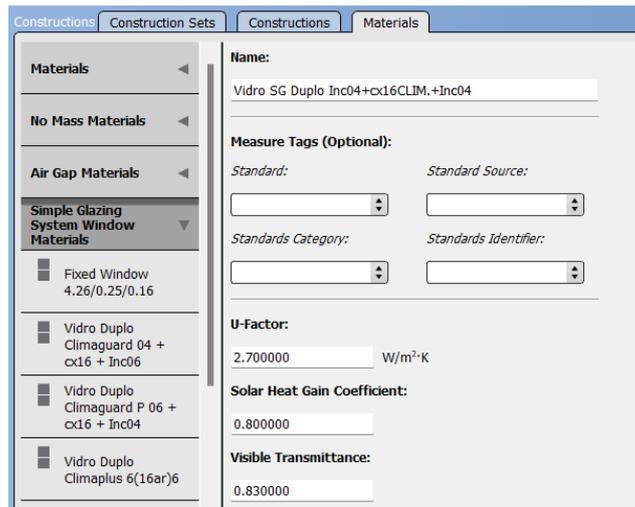


Figura 3.10 – Parametrização do vidro (OpenStudio)

### 3.2.2.4. Carga térmica e horários

A parametrização da carga térmica interna (ocupação, iluminação, tipo de atividade e infiltração) é definida no respetivo separador “Load”, com a definição do número de pessoas, potências de iluminação (total ou por área) e renovações de ar por hora. Estes dados são armazenados em “caixas” e, posteriormente, são associados às zonas térmicas desejadas. Na Figura 3.11 é possível observar a interface de parametrização das cargas térmicas.

Space Name	Load Name	Multiplier	Definition	Schedule	Activity Schedule (People Only)
Casa de Banho	People WC	1.000000	Ocupantes WCE	Ocupação Casa de Banho	Casa de Banho 1
	Lights WC	1.000000	WC	Iluminação Casa de Banho	
	Infiltração WC			Always On Discrete 13	
Cozinha	People Cozinha	1.000000	Ocupantes	Ocupação Cozinha 1	Cozinha 1
	Lights Cozinha	1.000000	Cozinha	Iluminação Cozinha 1	
	Infiltração Cozinha			Always On Discrete 14	

Figura 3.11 – Parametrização cargas térmicas internas (OpenStudio)

Como é possível observar na Figura 3.11, o parâmetro do tipo de atividade é definido através de um horário. Tendo em conta que o programa relaciona o tipo de atividade com o número de ocupantes, serão definidos os valores apresentados na Tabela 3.8 com um perfil de 24 horas. Foi definida a ocupação e iluminação horária de cada espaço, com um perfil percentual. Para o horário da infiltração, à semelhança do tipo de atividade, este terá um perfil de 24 horas. Na Figura 3.12 é possível observar a parametrização da taxa de ocupação e iluminação da sala.

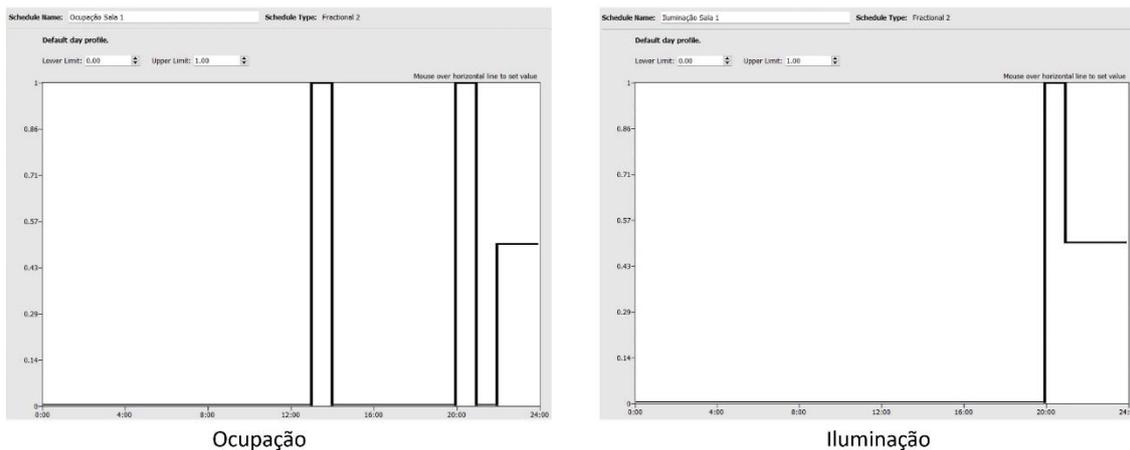


Figura 3.12 – Implementação horário ocupação e iluminação sala (OpenStudio)

Durante a simulação, o programa relaciona os perfis definidos com o número de ocupantes e potência de iluminação, calculando o valor da carga térmica que estes dois parâmetros apresentam no espaço em determinada hora.

### 3.2.2.5. Sistemas de AVAC

Esta secção descreve a modelação dos sistemas de AVAC, podendo ser considerados vários tipos, tais como, de água gelada (*chiller*), água quente, refrigerante, sistema VRF, entre outros. O utilizador deve criar o sistema colocando, da biblioteca disponível no programa, os componentes que deseja. Já existem modelos pré-construídos, sendo de fácil implementação, mas também existe a possibilidade de modelar um sistema novo.

De acordo com o referido na secção 3.1.6, neste estudo irá ser utilizado um sistema de piso radiante elétrico e um VRF. O sistema de piso radiante elétrico é de fácil implementação, sendo apenas necessário indicar na zona térmica a sua presença. Para o sistema VRF, este já requer ser configurado na interface apresentada na Figura 3.13.

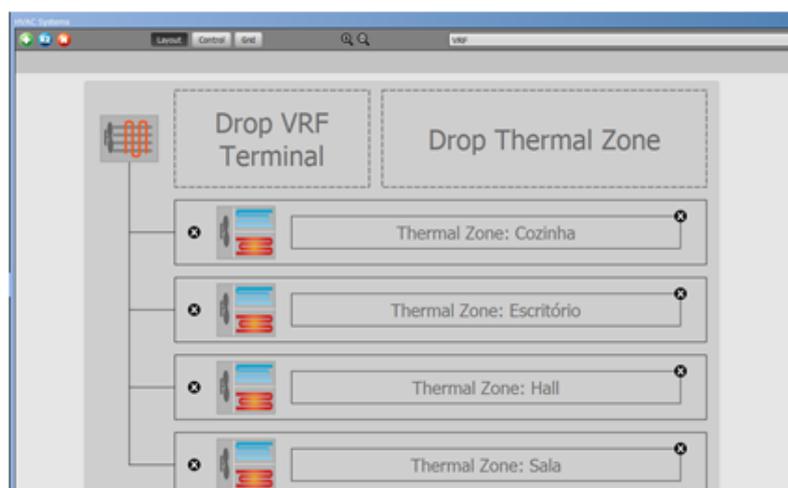


Figura 3.13 – Implementação do sistema VRF (OpenStudio)

Neste foi necessário colocar a unidade exterior, bem como todas as unidades interiores. Posteriormente, foi indicado a zona térmica onde cada unidade interior está colocada. Seleccionando cada componente individualmente foi possível alterar os parâmetros, tais como, a potência de arrefecimento e de aquecimento, COP, EER, entre outros.

### **3.2.2.6. Definição das variáveis a observar**

Após a definição do modelo energético é possível indicar as variáveis que o *EnergyPlus* deverá devolver como resultados.

O *OpenStudio* tem algumas variáveis pré-definidas, como, ganho e perda de calor total pelas superfícies envidraçadas de cada espaço, temperatura interior e exterior, calor libertado pelas luminárias, entre outras, mas é possível obter dados de outras variáveis, recorrendo à biblioteca *online* do *OpenStudio*. Para se implementar outras variáveis selecciona-se a opção *Add Output Variable* e indica-se o nome exato da variável existente no *EnergyPlus* pretendida, no qual podem ser obtidas com recurso ao site do *BigLadder* [82]. Tendo em conta o objetivo de estudar a influência das superfícies envidraçadas no comportamento térmico do edifício, pretende-se simular a temperatura interior de cada espaço e a potência calorífica (ganho e perda) por cada superfície envidraçada. Assim, foram definidas as seguintes variáveis de saída das simulações do *EnergyPlus*:

- *Zone Air Temperature* [°C]: permite obter a temperatura de cada zona térmica;
- *Surface Window Heat Gain Rate* [W]: permite obter o ganho térmico de cada superfície envidraçada;
- *Surface Window Heat Loss Rate* [W]: permite obter a perda térmica de cada superfície envidraçada.

## **3.3. Metodologia das simulações**

Este trabalho pretende analisar o fluxo de calor pelas superfícies envidraçadas do caso de estudo e comparar a dinâmica térmica e energética do edifício no caso destas serem substituídas por outras com diferentes características. Pretende-se estudar as diversas alternativas tendo apenas em conta o conforto térmico. Para analisar a satisfação, a temperatura terá de estar dentro ou o mais próximo possível dos parâmetros de conforto (18 °C – 27 °C), com o menor diferencial térmico. As análises serão obtidas a partir da

interpretação de várias simulações realizadas com o programa de cálculo térmico *EnergyPlus*, usando o modelo desenvolvido no *SketchUp* e *OpenStudio*, apresentado na secção 3.2.

Inicialmente será estudado o efeito que as características U e SHG dos vidros têm sobre o ganho e perda de calor de cada espaço. No decorrer do estudo as divisões da habitação são consideradas como espaços fechados, não tendo influência das cargas térmicas internas entre eles. De modo a ser possível obter valores para a estação de arrefecimento e de aquecimento, estas simulações serão realizadas para o dia 8 de agosto e para o dia 18 de janeiro, respetivamente, considerados como dias de projeto. Para a escolha destes dias, recorreu-se aos dados climatológicos referentes a Lisboa [83], a partir dos quais se observou que os meses de projeto neste local seriam agosto e janeiro. Posteriormente, com recurso ao *software OpenStudio*, simulou-se o ficheiro *weather* inserido e, para os meses escolhidos, observou-se qual era o dia com a temperatura maior ou menor, conforme a situação.

Após a seleção dos dias de projeto, será analisado o efeito da variação do coeficiente de transmissão de calor (U), mantendo constante o valor do fator solar. Este estudo irá comparar os resultados de 4 vidros com valores de coeficientes de transmissão térmica diferentes existentes no mercado. Assim, a simulação será realizada considerando dois coeficientes de transmissão térmica elevados,  $U = \{5,7; 5,2\} \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ , e dois coeficientes de transmissão reduzida,  $U = \{1,4; 1,3\} \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Estas simulações serão realizadas considerando um fator solar de 0,23 e repetidas para um fator de 0,78. Desde modo, será possível analisar o efeito que o coeficiente de transmissão térmica tem perante um fator solar baixo e um elevado.

Será realizado um segundo estudo para analisar o efeito que o fator solar tem nos ganhos e perdas da superfície envidraçada e a sua consequência na variação da temperatura do espaço interior. Neste estudo serão realizadas simulações considerando diferentes valores de fator solar,  $\text{SHG} = \{0,61; 0,47; 0,35; 0,23\}$ , mantendo o mesmo valor de coeficiente de transmissão térmica de  $U = 2,7 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Tendo em conta que o edifício em estudo tem palas horizontais e uma vertical em algumas superfícies envidraçadas, posteriormente, será estudado o efeito que estes elementos construtivos têm no comportamento dos vidros ao longo das 24 horas dos dias de projeto.

Será realizada uma comparação dos resultados obtidos pelo *EnergyPlus* com outro programa amplamente utilizado no mercado, o *software* Carrier HAP. Pretende-se estudar se a utilização de diferentes programas pode afetar a análise energética ao edifício (por exemplo através do valor obtido nas cargas térmicas).

Por fim, será realizada uma simulação considerando diferentes soluções de superfícies envidraçadas. Serão estudadas 3 superfícies envidraçadas existentes no mercado, considerando a implementação de soluções de vidros diferentes. Esta análise permitirá comparar os ganhos e perdas energéticas existentes com diferentes soluções e permitirá realizar uma análise económica comparativa das diferentes soluções, tendo em conta o preço dos vidros e a energia consumida por um sistema de AVAC. Este estudo permite determinar os gastos energéticos necessários para obter as condições de conforto estabelecidas no interior, tanto na estação de aquecimento como de arrefecimento, considerando a implementação das diferentes soluções.

*Esta página foi deixada em branco propositadamente*  
*This page was left in blank intentionally*

## 4. Simulação do fluxo de calor transferido nas superfícies envidraçadas

Neste capítulo são apresentados os resultados das simulações realizadas no *EnergyPlus*, tendo em conta o método de estudo descrito na secção 3.3. Nos diversos estudos realizados, é analisada a temperatura interior em cada espaço, em °C, e o fluxo de calor transferido pelas superfícies envidraçadas, em W/m<sup>2</sup>. Enquanto a temperatura, é obtida diretamente a partir das variáveis *Zone Air Temperature* do *EnergyPlus*, o fluxo de calor é obtido através da equação (4.1), tendo em conta os dados das variáveis *Surface Window Heat Gain/Loss Rate*:

$$\text{Fluxo de calor} = \text{Ganho} - \text{Perda} \quad (4.1)$$

Os estudos realizados permitem analisar o fluxo de calor em superfícies envidraçadas colocadas em diversas orientações do edifício. Tendo em conta a planta apresentada na Figura 3.1, é analisada a superfície envidraçada orientada a Norte e Este, ambas localizadas na cozinha, a da sala com orientação a Sul e a da casa de banho orientada a Oeste. Para além destas 4 superfícies envidraçadas é ainda estudada a superfície envidraçada do hall, com uma orientação Nor-Nordeste, por ser de grande dimensão e possuir pouca radiação solar incidente, tornando-se um caso interessante de estudar. Em todos os estudos pretende-se comparar o comportamento da superfície envidraçada já instalada com as possíveis soluções para o melhoramento térmico do edifício ( $U = 2,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e  $\text{SHG} = 0,78$ ).

### 4.1.Efeito do coeficiente de transmissão de calor

Nesta secção serão apresentados os resultados das simulações realizadas no *EnergyPlus*, considerando superfícies envidraçadas com diferentes coeficientes de transmissão térmica. Como abordado na secção (2.2.2.2), este coeficiente engloba o vidro e a caixilharia, sendo inversamente proporcional ao isolamento, ou seja, quanto menor forem os coeficientes de transmissão térmica, maior será o isolamento da superfície envidraçada.

De modo a analisar o efeito da variação do coeficiente de transmissão de calor ( $U$ ), foi realizada uma simulação do comportamento do vidro do edifício do caso de estudo com  $U = 2,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e fator solar de 0,78. A simulação foi repetida considerando outros

4 vidros existentes no mercado com o mesmo fator solar, de modo a se poder comparar 2 soluções com coeficiente de transmissão de calor elevado,  $U = \{5,7; 5,2\} \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ , e outras 2 com valores reduzidos,  $U = \{1,4; 1,3\} \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Estas simulações foram realizadas para um fator de 0,23 e 0,78, de modo a analisar o efeito que o coeficiente de transmissão térmica tem perante um fator solar baixo e um elevado. Todas as simulações foram realizadas para o dia de projeto do sistema de aquecimento (18 de janeiro) e de arrefecimento (8 de agosto), por serem os dias que em existem maiores perdas e ganhos energéticos, respetivamente.

A Figura 4.1 apresenta o fluxo de calor que é transmitido pela superfície envidraçada orientada a norte, ao longo das 24 horas dos dias de projeto, considerando as diferentes características de vidro (U e SHG) em análise.

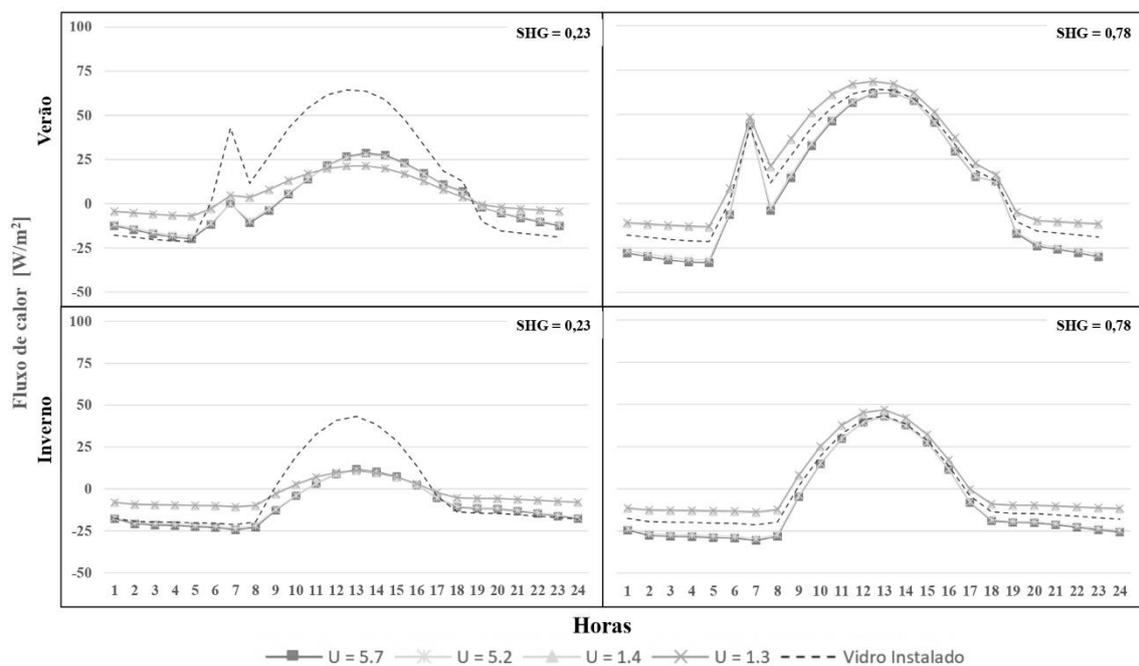


Figura 4.1 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Norte

Analisando os resultados apresentados da Figura 4.1, verifica-se que, no verão, quanto menor for o valor do coeficiente de transmissão térmica, maior é o ganho de calor no período da manhã (até às 12h) e menor no período da tarde (entre as 12h e as 20h). Por outro lado, os resultados das simulações dos vidros com um fator solar alto,  $SHG=0,78$ , permitem verificar que, quanto mais baixo for o coeficiente de transmissão térmica, maiores são os ganhos térmicos acumulados ao longo do dia. Como as superfícies envidraçadas orientadas a Norte não recebem radiação solar direta, as trocas de calor ocorrem maioritariamente por condução e convecção. Apesar do aumento da temperatura exterior no período da tarde, o facto do vidro possuir um U baixo, as trocas de calor são

dificultadas, permitindo que exista uma redução de 25% do ganho de calor face ao U mais alto. No caso das superfícies envidraçadas com um fator solar elevado, verifica-se que, devido a uma maior absorção da radiação difusa, ocorre um aumento do ganho de calor.

Na estação do inverno torna-se vantajoso possuir um vidro com um coeficiente de transmissão térmica baixo e um fator solar elevado. Apesar das perdas serem ligeiramente superiores (aproximadamente  $3 \text{ W/m}^2$ ), permite um ganho de calor de aproximadamente  $35 \text{ W/m}^2$  superior, reduzindo as necessidades de aquecimento.

Comparando o vidro já instalado (linha a tracejado) com os que possuem baixo fator solar, observa-se que no verão é possível obter uma diminuição de, pelo menos, 55% na hora de maior ganho de calor. No entanto, no inverno, o menor fator solar implica que exista uma diminuição de 73% dos ganhos na substituição do vidro instalado por um dos outros estudados, tornando-se inconveniente no consumo energético para aquecimento. Como os vidros com alto fator solar possuem o mesmo SHG que o vidro instalado, a redução do coeficiente de transmissão térmica apenas permite que o ganho máximo aumente 6% e 8%, aproximadamente, no verão e no inverno, respetivamente.

A Figura 4.2 apresenta os resultados para a superfície envidraçada orientada a Nor-Nordeste.

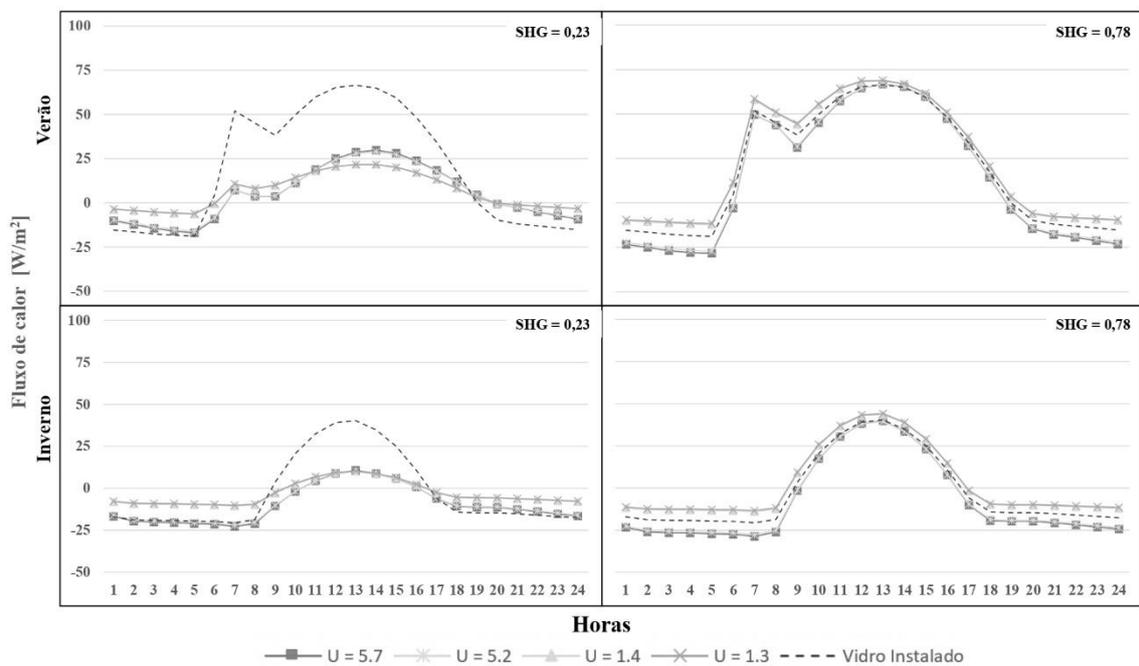


Figura 4.2 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Nor-Nordeste

Analisando os resultados da Figura 4.2, que considera a superfície envidraçada com a orientação Nor-Nordeste, observa-se que o comportamento é semelhante ao relatado

anteriormente na orientação Norte. No entanto, como a superfície envidraçada está ligeiramente mais orientada para o lado Este, permite que exista um período com um pouco mais de radiação solar incidente no verão, no período da manhã. Dando como exemplo, às 8h, uma superfície envidraçada orientada a Nor-Nordeste tem um ganho de  $4,4 \text{ W/m}^2$  superior face à orientação Norte.

Enquanto a cozinha tem superfícies envidraçadas nas orientações Norte, Este e Sul, o hall tem uma orientada a Nor-Nordeste de grandes dimensões, como apresentado na Tabela 3.7. A Figura 4.3 apresenta o comportamento da temperatura do hall com os mesmos valores de U e de SHG em estudo.

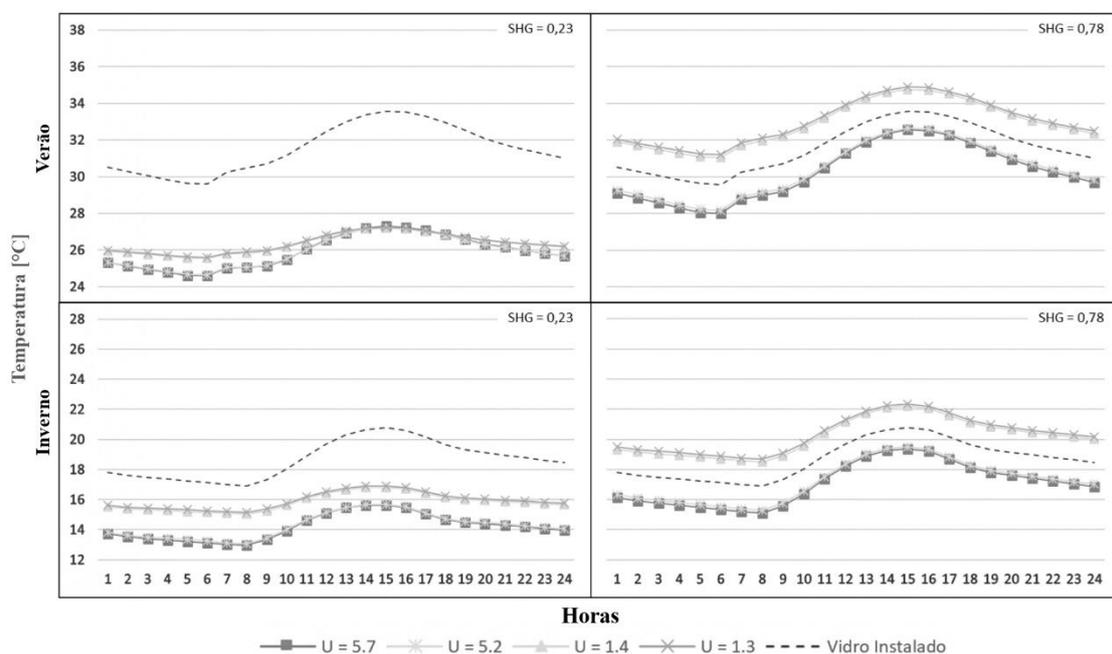


Figura 4.3 – Efeito U na temperatura interior do hall

Analisando a Figura 4.3 observa-se que, à exceção dos vidros com baixo SHG no verão, quanto mais baixo for o coeficiente de transmissão térmica, maior é a temperatura no espaço. A capacidade de isolamento do menor U origina uma temperatura maior face ao U mais alto. Esta característica irá permitir uma temperatura diária com um menor diferencial térmico ao longo do dia, nos vidros com um baixo fator solar, tornando-se uma vantagem para o conforto térmico. No entanto, com o aumento do fator solar, a absorção da radiação térmica irá ser maior, causando um aumento de 30%, aproximadamente, no diferencial térmico.

Observa-se ainda que existe um menor ganho térmico nos vidros com um baixo fator solar. Esta redução torna-se uma vantagem no verão, proporcionando temperaturas dentro dos parâmetros de conforto, entre os  $24 \text{ }^\circ\text{C}$  e os  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ . Apesar de no inverno não ser

possível obter uma temperatura acima dos parâmetros mínimos de conforto ( $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), nas orientações Norte e Nor-Nordeste torna-se mais vantajoso ter vidros com um coeficiente de transmissão térmica de  $1,3\text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  e fator solar de  $0,23$ . Comparando com o vidro já instalado (linha a tracejado), que possui um U e SHG mais alto, no inverno obtêm-se uma diminuição na temperatura mínima de  $10\%$ . Por outro lado, no verão, obtêm-se uma diminuição aproximada de  $19\%$  na temperatura máxima obtida. Assim, apesar desta solução conduzir a uma temperatura inferior no espaço no inverno, a redução da temperatura no verão torna-se uma vantagem, permitindo valores dentro dos parâmetros de conforto.

Na Figura 4.4, Figura 4.5 e Figura 4.6 é possível observar o fluxo de calor que é transmitido pelas superfícies envidraçadas orientadas a Este, Sul e Oeste, respetivamente. Observa-se que em todas elas, independentemente do fator solar, o ganho é maior quanto maior for o coeficiente de transmissão térmica, devido à maior facilidade em trocar calor. No entanto, estas orientações diferem na hora e no valor em que se obtém o ganho máximo.

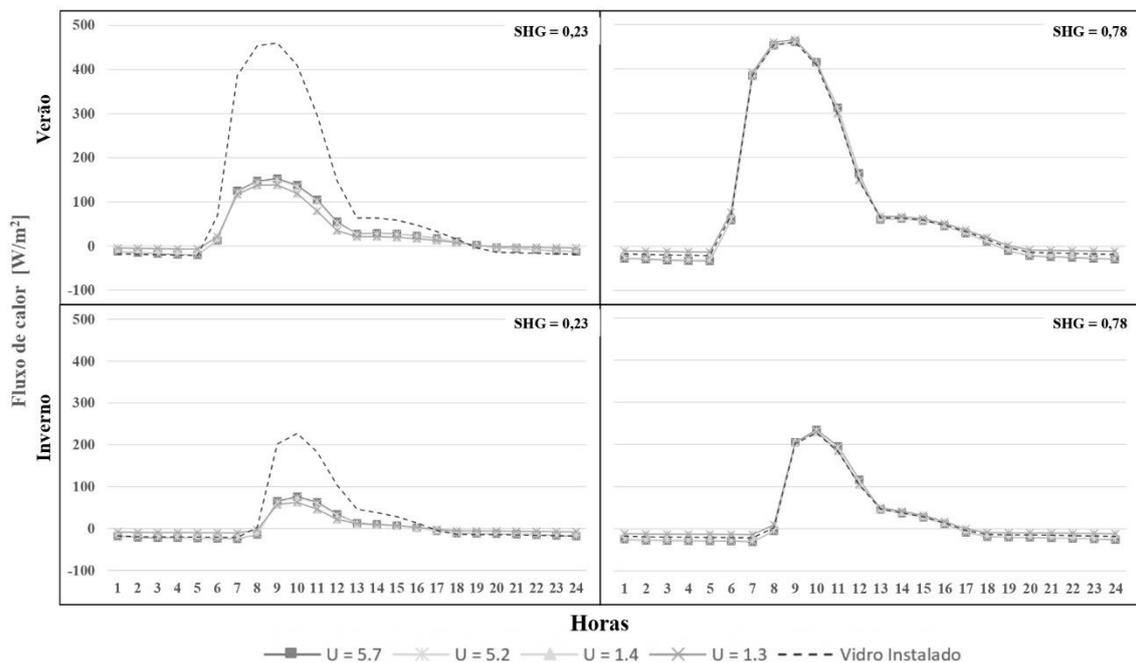


Figura 4.4 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Este

Através da análise da Figura 4.4, observa-se que no verão, numa superfície envidraçada a Este, o pico do fluxo de calor ocorre às 9h, com um aumento repentino nas primeiras horas do dia. Como nesta orientação ocorre o nascer do sol, a superfície envidraçada possui desde cedo radiação solar direta, originando um aumento da temperatura do lado exterior da superfície envidraçada. Desta forma, quanto mais baixo

for o U, menor é o ganho de calor. Com o aumento do fator solar, a absorção da radiação aumenta, tornando-se predominante no ganho de calor. Por exemplo, um vidro com um SHG e um U baixo permite uma diminuição de 9% do ganho de calor máximo face a um U alto, para o mesmo SHG, tornando-se benéfico.

Nesta orientação, as superfícies envidraçadas recebem pouca radiação no inverno, fazendo com que a transferência de calor por condução e convecção se tornem predominantes. Assim, será benéfico um vidro que impeça a perda de calor para o exterior. Observando o caso do baixo fator solar, quando os vidros tem um U mais baixo, apesar de permitirem 18% menos ganho de calor do que os que têm um U mais alto, permitem uma diminuição de 57% na perda de calor máxima. Com o aumento do fator solar, como esperado, o ganho de calor aumenta, tornando-se benéfico nesta época do ano.

Comparando o caso da combinação de um menor SHG e um U baixo, com o vidro instalado (linha a tracejado), observa-se que existe uma diminuição do fluxo de calor de 70% no verão e de 72% no inverno. A grande diminuição no inverno é justificada pelo menor SHG, que permite uma menor absorção de radiação térmica no espaço. Contudo, se analisarmos as perdas, observa-se que um U menor permite uma diminuição de 49% do valor máximo, tornando-se benéfico.

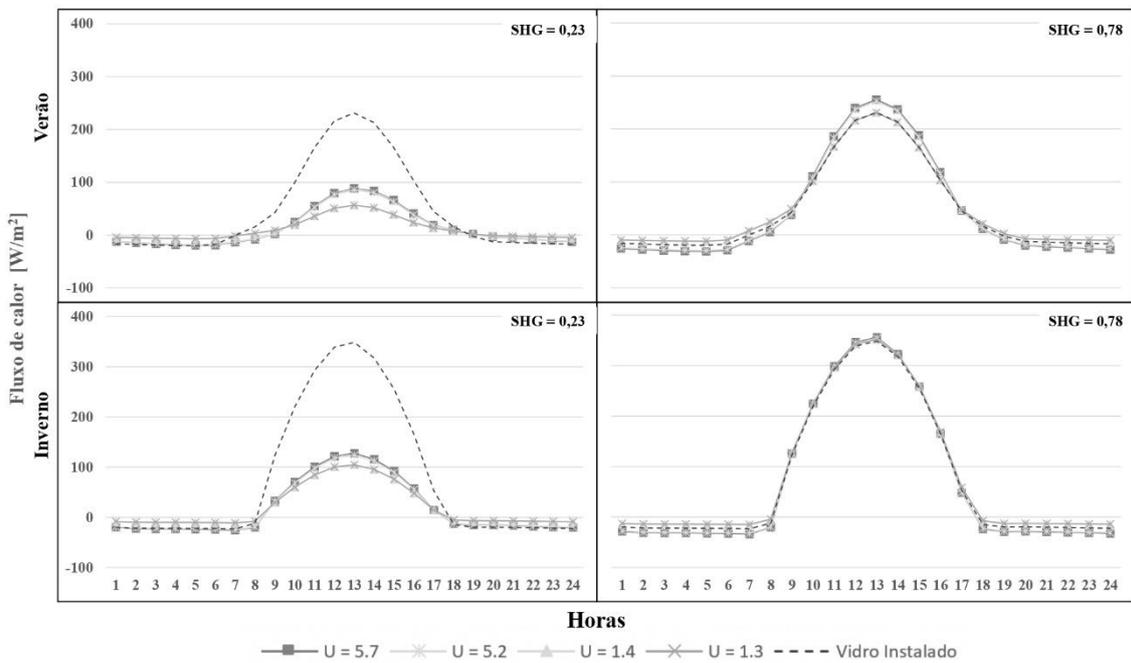


Figura 4.5 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Sul

Analisando a Figura 4.5, observa-se que o fluxo de calor apresenta um aumento gradual, registando o valor máximo às 13h. Na fase inicial em que apenas existe radiação

difusa nesta orientação, os fenómenos de condução e convecção tornam-se predominantes. À medida que a radiação solar incide diretamente no envidraçado, a temperatura no lado exterior da superfície envidraçada aumenta. Desta forma, o ganho de calor é menor quanto mais baixo for o U. Dando como exemplo, às 13h para um baixo SHG, existe uma diminuição de 36% do ganho de calor entre o vidro com o U mais alto e o mais baixo. Com o aumento do SHG, a absorção da radiação torna-se predominante face à condução e à convecção, causando um aumento de 188% no ganho de calor, tornando-se inconveniente nesta época de arrefecimento.

No inverno, independentemente do fator solar, o ganho é maior do que no verão. Tal como visto na secção 2.2.1.3.1, no inverno, o sol apresenta um ângulo de incidência mais alto. Por consequência, a incidência solar nas superfícies envidraçadas é mais perpendicular, aumentando os ganhos por radiação. Dando como exemplo, às 13h com um  $U = 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$  e  $\text{SHG} = 0,23$ , existe um aumento de 85% dos ganhos no inverno face ao verão, tornando-se benéfico.

Comparando com o vidro instalado ( $U = 2,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$  e  $\text{SHG} = 0,78$ ), observa-se que a diminuição do SHG e do U, torna-se benéfico no verão, mas inconveniente no inverno. No entanto, enquanto no verão existe uma diminuição de 76% do ganho de calor máximo, no inverno existe uma diminuição de 70%. Quando analisado as perdas no inverno, estas apresentam uma redução 53% do seu valor máximo, tornando-se benéfico.

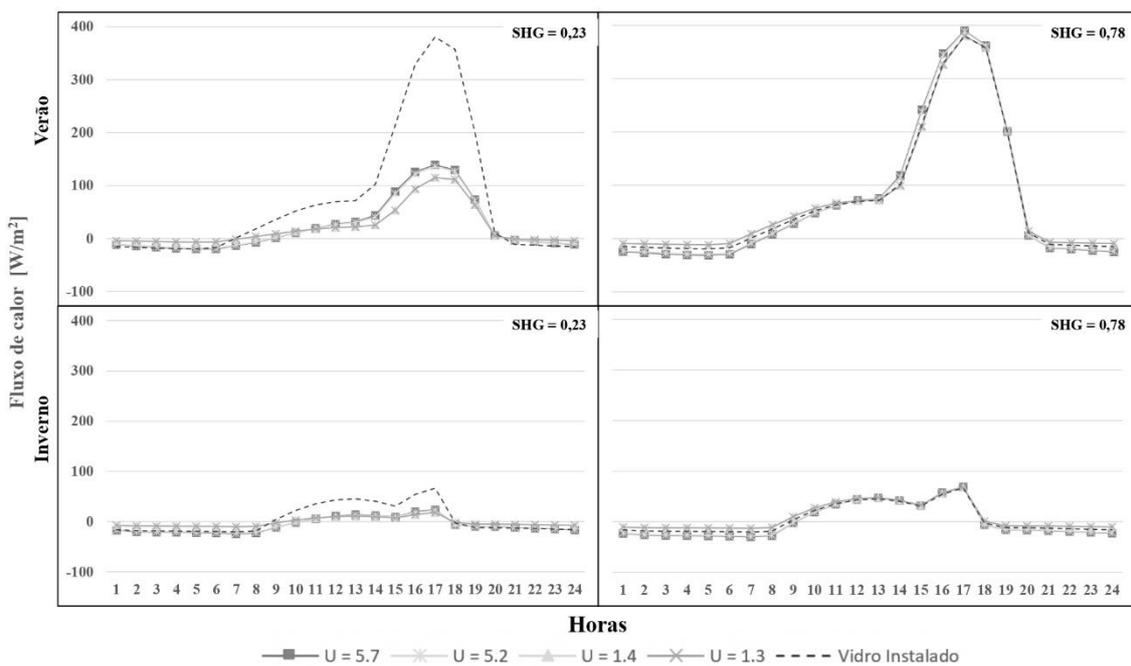


Figura 4.6 – Efeito do U numa superfície envidraçada orientada a Oeste

Através da Figura 4.6, observa-se um comportamento inverso ao observado na Figura 4.4. Se na orientação Este, a radiação torna-se predominante no período da manhã e a condução e convecção no período da tarde, na orientação Oeste ocorre o oposto. Como nesta orientação apenas possui radiação solar direta no período da tarde, a radiação apenas torna-se predominante no fluxo de calor neste período. No entanto, à semelhança da orientação Este, no inverno, a superfície envidraçada orientada a Oeste apenas possui radiação solar num curto espaço de tempo, impedindo um maior aumento do fluxo do calor. Importa salientar que, a superfície envidraçada estudada nesta orientação é de pequenas dimensões e encontra-se junto a uma esquina do edifício, virada a Norte. Como no inverno, o pôr do sol ocorre próximo da orientação Sudoeste, a incidência solar na superfície envidraçada é dificultada, diminuindo o fluxo de calor. Dando como exemplo, às 16h com um U e SHG baixo, existe uma diminuição de 85% do ganho de calor, tornando-se inconveniente.

Comparando com o vidro instalado, o baixo U e SHG permite uma diminuição no ganho de calor de 70% no verão e 73% no inverno. No entanto, no que diz respeito às perdas, existe uma diminuição de 51% no ganho máximo, permitindo uma temperatura com um diferencial térmico menor durante o dia.

Na Figura 4.7 é possível observar a temperatura da sala no dia de projeto de verão e inverno. Este espaço tem uma superfície envidraçada orientada a Sul e a Este (Tabela 3.7).

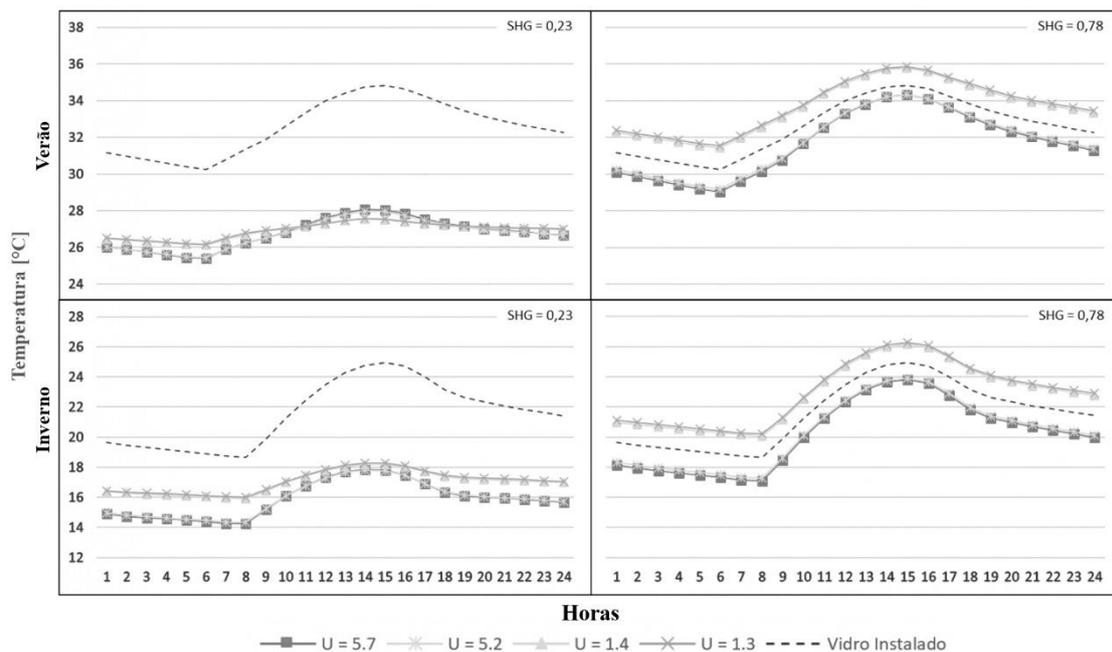


Figura 4.7 – Efeito U na temperatura interior da sala

Analisando a Figura 4.7 é possível observar que a temperatura apresenta um menor diferencial térmico ao longo do dia quando o U e o SHG são menores, devido ao maior isolamento e menor capacidade de ganho de calor. Além disto, observa-se que as temperaturas máximas são obtidas entre as 14h e as 15h. Tal acontece porque a superfície envidraçada com maior área está orientada a Sul, permitindo um aumento do ganho de calor por radiação solar e, conseqüentemente, da temperatura. Salienta-se ainda que este espaço é o que tem a maior superfície envidraçada orientada a Sul.

Analisando o vidro instalado ( $U = 2,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e  $\text{SHG} = 0,78$ ) e comparando com o caso de menor U e SHG, verifica-se que o vidro instalado permite uma temperatura no inverno próxima dos parâmetros de conforto. No entanto, no verão torna-se bastante inconveniente, obtendo-se temperaturas acima do limite de conforto ( $27^\circ\text{C}$ ). A sua menor capacidade de isolamento origina um diferencial térmico 5 vezes superior no verão e 3 vezes no inverno.

Na Figura 4.8 é possível observar a temperatura do escritório no dia de projeto de verão e inverno. Como apresentado na Tabela 3.7, este espaço apenas tem presente uma superfície envidraçada orientada a Sul. Sendo um espaço com grandes períodos de radiação solar incidente, deve-se evitar o aproveitamento excessivo da radiação solar no verão, mas aproveitá-lo ao máximo no inverno.

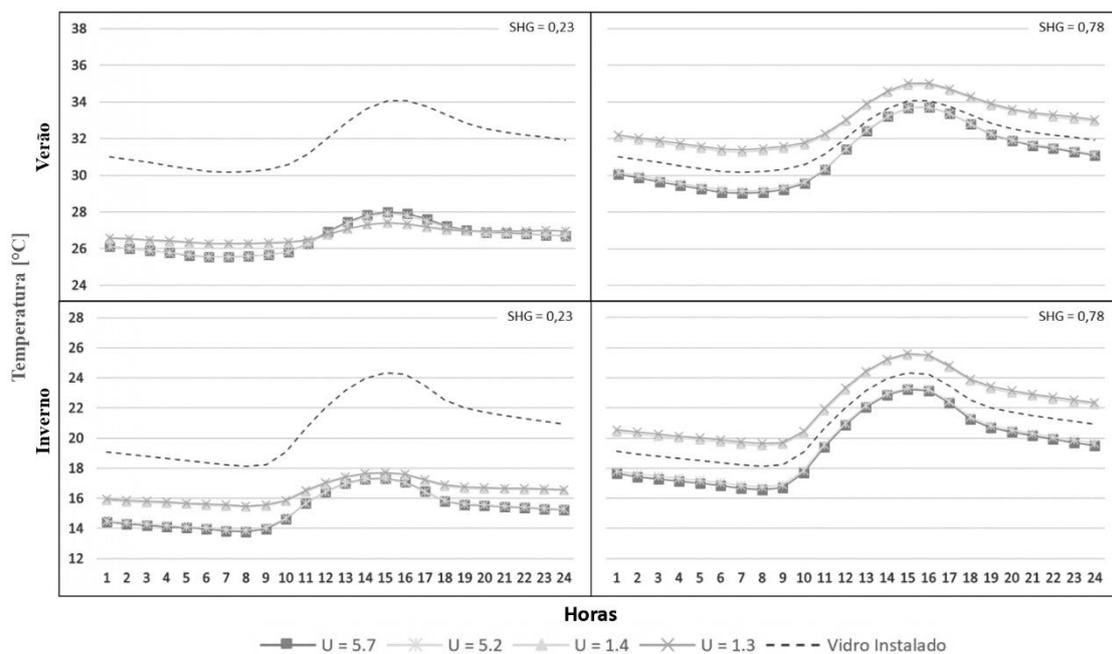


Figura 4.8 – Efeito U na temperatura interior do escritório

Analisando a Figura 4.8, observa-se que, nos vidros com SHG maior, a temperatura aumenta mais no inverno do que no verão. Como apresentado na Figura 4.5, devido à

incidência mais perpendicular nas superfícies envidraçadas existente no inverno, o ganho térmico será maior, aumentando a temperatura no espaço, o que se torna benéfico. No entanto, quanto mais baixo for o U e o SHG, menor será o diferencial térmico. A menor capacidade de transmitir calor pelo vidro, permite que não exista um aquecimento excessivo com a incidência solar e um arrefecimento tão grande à medida que esta deixa de existir.

Comparando o vidro instalado (linha a tracejado) com o caso de menor U e SHG, verifica-se que, apesar da melhor temperatura no inverno, no verão as temperaturas oscilam acima do limite de conforto (27 °C). Este facto torna-se inconveniente, ou seja, a alteração do vidro por outro com menor U e SHG irá tornar-se benéfico.

Na Figura 4.9 é possível observar a temperatura da cozinha que, como apresentado na Tabela 3.7, é o espaço que tem a maior quantidade de superfícies envidraçadas: uma a Norte, duas a Este e uma a Sul.

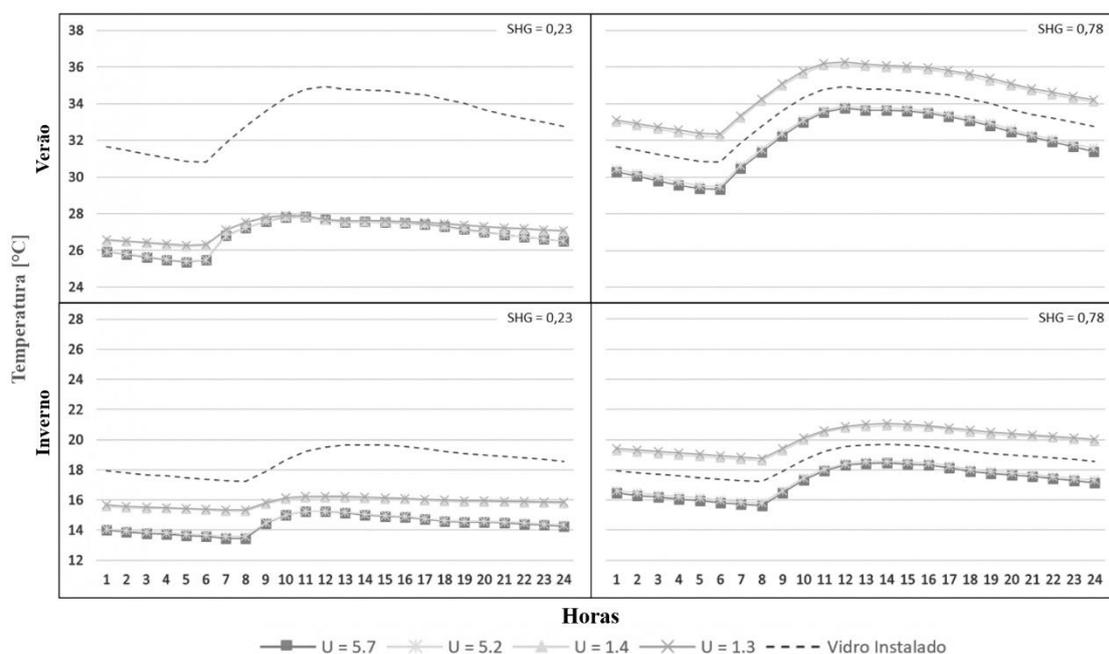


Figura 4.9 – Efeito U na temperatura interior da cozinha

Analisando os resultados apresentados na Figura 4.9, observa-se que a temperatura no espaço apresenta um aumento nas primeiras horas do dia, com uma diminuição progressiva à medida que o sol deixa de incidir nas superfícies envidraçadas. Também se verifica que quanto mais baixo for o U e o SHG, melhor é a temperatura registada no verão, permitindo uma temperatura próxima dos parâmetros de conforto (18 – 27 °C). Apesar de no inverno a temperatura ficar fora destes parâmetros, a diferença é menor face aos vidros com um U maior. Tal acontece devido à melhor capacidade de isolamento, que

impede a perda térmica para o exterior. Por exemplo, no inverno, a temperatura apresenta uma oscilação de 0,9 °C, enquanto com um U maior a diferença térmica é de 1,7 °C. Com o aumento do SHG, a temperatura aumenta tornando-se benéfico no inverno, mas inconveniente no verão. Enquanto no inverno, a temperatura apresenta uma oscilação de 2,3 °C, sempre dentro dos limites de conforto, no verão a oscilação duplica, aproximadamente, registrando temperaturas acima do limite de conforto (27 °C).

A temperatura da casa de banho, que apenas tem uma superfície envidraçada, de pequenas dimensões, orientada a oeste (Tabela 3.7), é apresentada na Figura 4.10. Neste espaço é benéfico instalar um vidro com um U e SHG baixo porque, apesar da temperatura no inverno ser inferior aos parâmetros de conforto, permite um diferencial térmico reduzido e uma temperatura dentro dos parâmetros de conforto no verão.

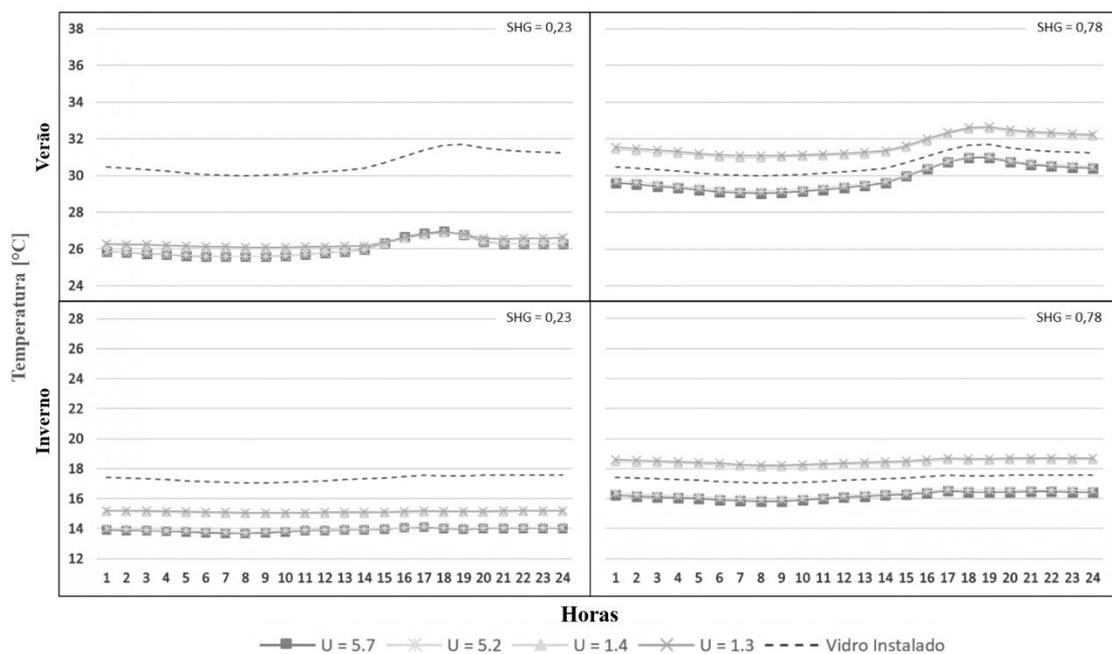


Figura 4.10 – Efeito U na temperatura interior da casa de banho

Analisando os resultados dos estudos anteriormente apresentados, conclui-se que a melhor escolha será a aplicação de um vidro com um U de 1,3 W/m<sup>2</sup>.°C e um SHG baixo. Apesar de, como referido anteriormente, a menor capacidade de ganho de calor poder aumentar as necessidades de aquecimento, a temperatura interior no verão em qualquer espaço é próxima da temperatura de conforto. Devido ao melhor isolamento, proporcionado pelo baixo U, no inverno obtém-se uma temperatura mais elevada e com um diferencial térmico menor, face aos outros valores de U. Além disto, quando comparado com o vidro já instalado (linha a tracejado), observa-se que apesar de no inverno se obter menos ganhos térmicos, também será possível obter menos perdas em

ambas as épocas e menores ganhos no verão. Ao comparar as temperaturas interiores obtidas nos diversos espaços, observa-se que a diferença térmica obtida no verão é maior comparativamente à de inverno, tornando-se um vidro melhor. Conclusões semelhantes foram obtidas no trabalho de Steinar Grynning [84], no qual são estudadas as necessidades de arrefecimento e de aquecimento, perante a variação do U e do fator solar.

## 4.2.Efeito do fator solar

O fator solar, tal como visto na secção 2.2.2.3, corresponde à quantidade de energia total que atravessa o envidraçado. Quanto mais alto for o seu valor, significa que maior será o ganho de calor solar através do envidraçado. Este ganho tem um efeito positivo no inverno, por reduzir o consumo de energia para aquecimento, mas negativo no verão, pois aumenta a energia consumida em arrefecimento.

Este estudo tem o objetivo de estudar o efeito que a variação do SHG apresenta no comportamento térmico do edifício, considerando os valores de SHG = {0,61; 0,47; 0,35; 0,23} e o mesmo U de 2,7 W/m<sup>2</sup>. °C. Todas as simulações foram realizadas para o dia de projeto do sistema de aquecimento (18 de janeiro) e de arrefecimento (8 de agosto), por serem os dias que em existem maiores perdas e ganhos energéticos, respetivamente.

Na Figura 4.11 é possível observar o fluxo de calor transferido pelas superfícies envidraçadas orientadas a Norte.

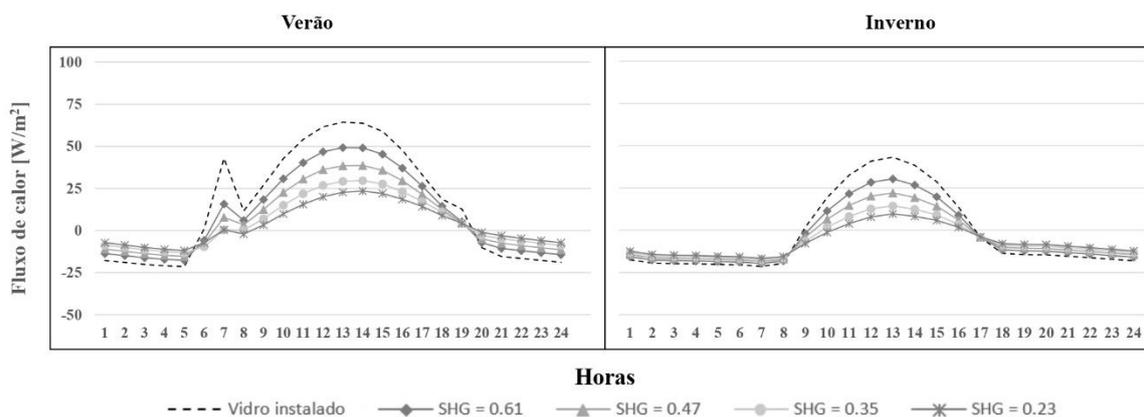


Figura 4.11 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Norte

Através da Figura 4.11, verifica-se que quanto mais alto for o SHG, maior é o ganho de calor, tanto no verão como no inverno. Observa-se ainda que no verão, ao contrário do inverno, existe um aumento do ganho às 7h. Como o nascer do sol ocorre na orientação nordeste nesta estação do ano, permite que a superfície envidraçada possua um curto espaço de tempo com radiação solar direta de reduzida intensidade. Nas restantes horas,

a radiação passa a ser difusa, existindo um maior ganho de transmissão de radiação térmica para o espaço quando o SHG é maior. Dando como exemplo, às 14h, comparando o SHG = 0,78 do vidro instalado com o SHG = 0,23, existe uma diminuição de 64% no ganho de calor no verão e de 78% no inverno. Assim, um SHG baixo torna-se benéfico no verão, mas bastante desvantajoso no inverno.

Na Figura 4.12 é possível observar o fluxo de calor transferido pelas superfícies envidraçadas orientadas a Nor-Nordeste.

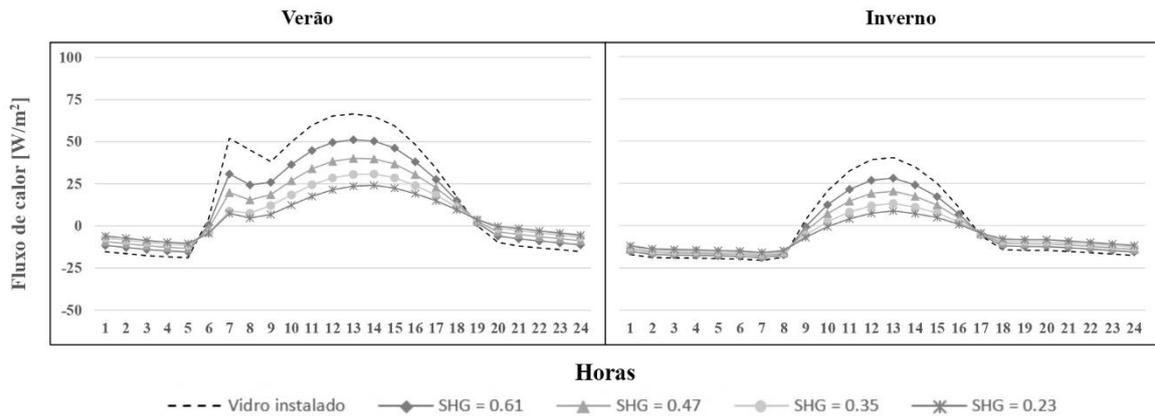


Figura 4.12 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Nor-Nordeste

Analisando a Figura 4.12 observa-se que uma superfície envidraçada a Nor-Nordeste apresenta um comportamento ligeiramente diferente no verão face a uma orientada a Norte. Como o sol no verão nasce na orientação Nordeste e, estando a superfície envidraçada ligeiramente orientada a Este, permite que às 8h exista um aumento de 301% de ganho de calor face à superfície envidraçada orientada a Norte com SHG = 0,61. No inverno, como o nascer do sol ocorre próximo da orientação Sudeste, o comportamento irá ser igual à superfície envidraçada a Norte. Observa-se ainda que a perda de calor é maior quanto mais alto for o SHG, pois permite que exista uma maior transferência de calor por radiação térmica. Às 5h, existe um aumento de 48% da perda de calor do SHG = 0,23 para o SHG = 0,61.

Tendo em conta que esta superfície envidraçada se encontra no hall e é de grandes dimensões, tal como pode-se observar na Tabela 3.7, apresenta-se na Figura 4.13 a temperatura do espaço. A Figura 4.13 apresenta a temperatura do hall, onde é possível verificar que quanto mais alto for o fator solar maior será a temperatura interior, tanto no verão como no inverno.

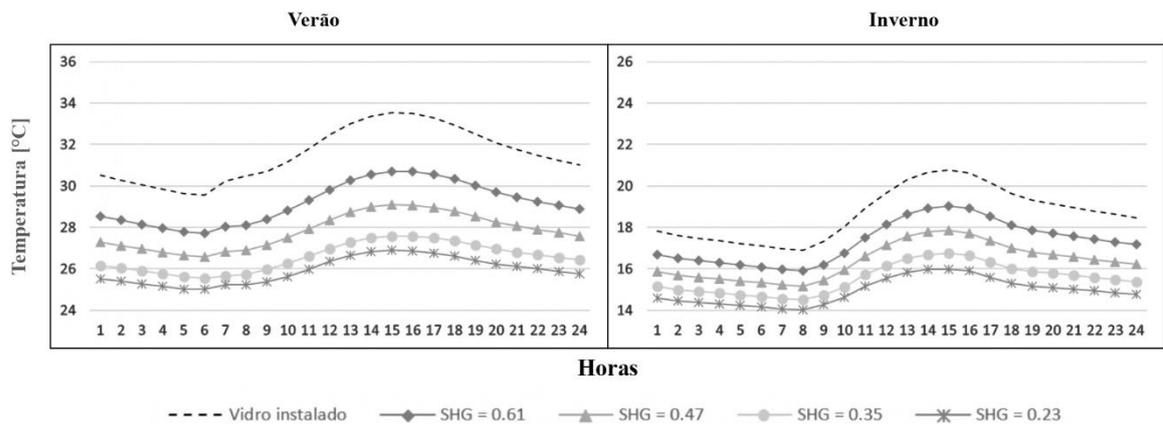


Figura 4.13 – Efeito SHG na temperatura interior no hall

Analisando a Figura 4.13, inverno observa-se que apesar de não existir radiação solar direta nesta orientação, como a superfície envidraçada tem uma grande área e um alto fator solar será possível uma maior absorção da radiação difusa, tornando-se importante no inverno. No entanto, a diferença de temperatura diária obtida no espaço também aumenta. Com um SHG = 0,23, a diferença de temperatura diminui 36% e 43% no verão e inverno, respectivamente, face ao SHG = 0,61, causando desta forma um melhor conforto térmico.

Na Figura 4.14 apresenta-se o fluxo de calor transmitido pelas superfícies envidraçadas orientadas a Este, onde é possível observar que a diminuição do SHG faz com que o fluxo de calor seja menor. No verão, com o SHG = 0,23 é possível obter uma diminuição de 70% no valor máximo do ganho de calor face ao vidro instalado (SHG = 0,78), tornando-se benéfico. A diminuição do período de radiação solar incidente no inverno, origina uma diminuição de 55% do fluxo de calor máximo face ao verão, tornando-se desfavorável.

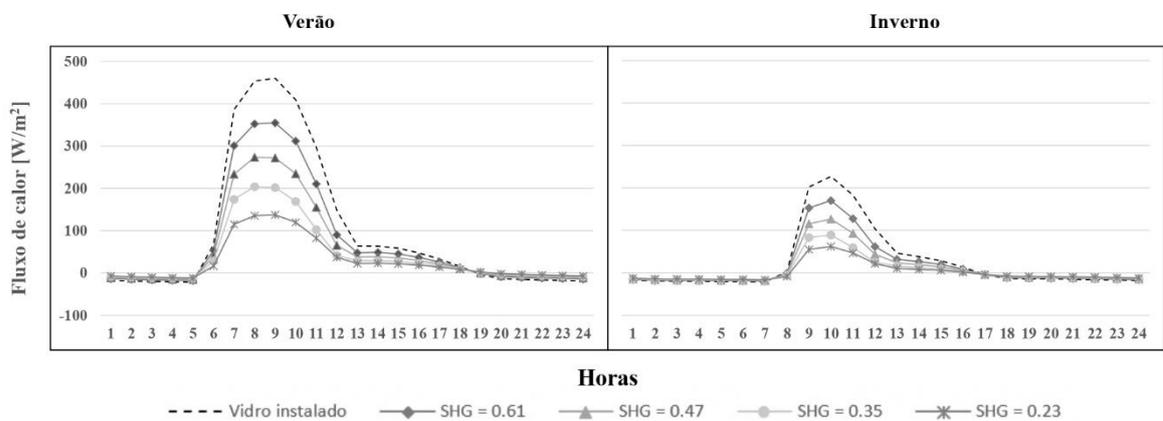


Figura 4.14 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Este

Na Figura 4.15 apresenta-se o fluxo de calor transmitido pelas superfícies envidraçadas orientadas a Sul. Observa-se que a incidência mais perpendicular nas

superfícies envidraçadas no inverno, permite um aumento de 78% de ganho de calor face ao verão. Este aspeto torna-se importante porque nessa altura do ano, os ganhos de calor por fenómenos naturais ajudam a minimizar o consumo energético. Neste caso torna-se benéfico possuir um vidro com um alto SHG, pois apesar deste permitir um aumento de 34% nas perdas de calor face ao SHG baixo, permite um aumento de 229% nos ganhos.

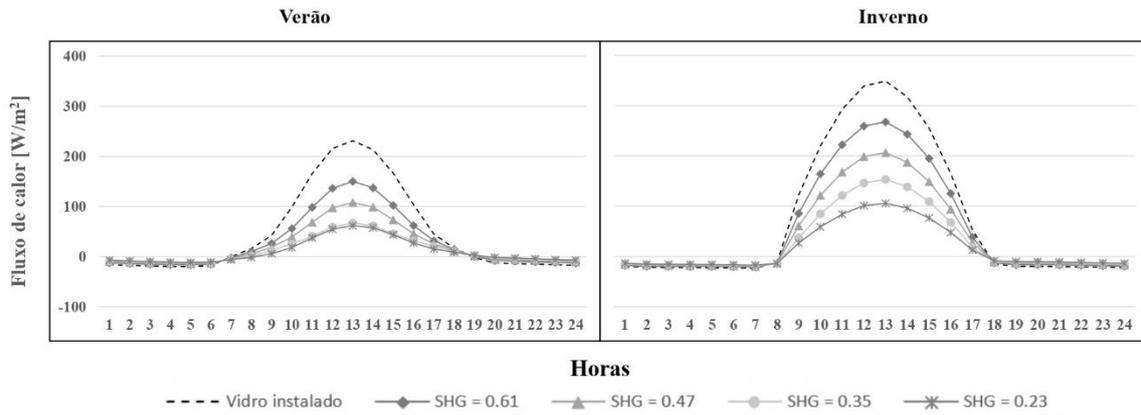


Figura 4.15 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Sul

Na Figura 4.16 apresenta-se o fluxo de calor transmitido pelas superfícies envidraçadas orientadas a Oeste, onde é possível observar que, tal como esperado, quanto maior for o valor do fator solar, maior será o ganho de calor pelo envidraçado.

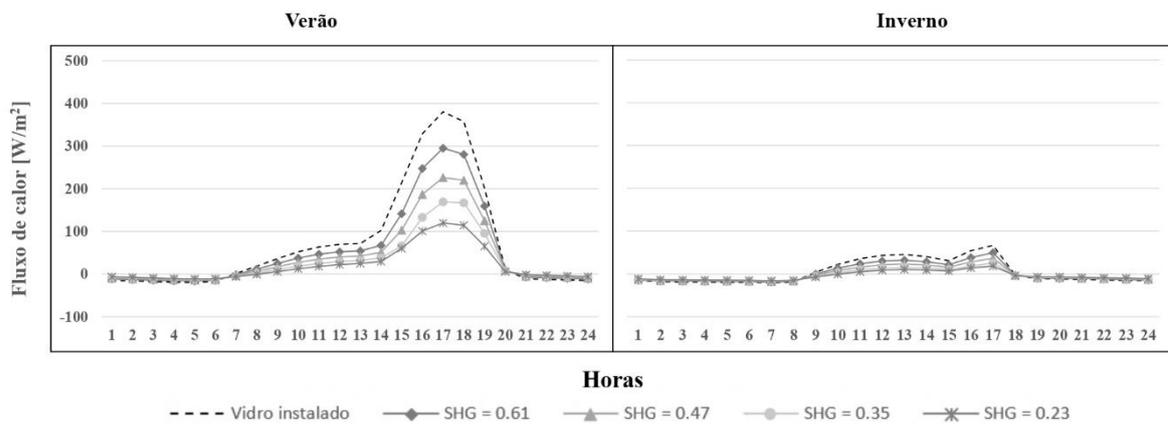


Figura 4.16 – Efeito do SHG numa superfície envidraçada a Oeste

Analisando a Figura 4.16 verifica-se que a diminuição do SHG no verão permite uma diminuição de 69% no ganho de calor máximo, tornando-se benéfico. No entanto, tal como acontece na superfície envidraçada orientada a Este, o ganho de calor é maior no verão do que no inverno, devido à maior intensidade de radiação e ao maior período de tempo de incidência solar. No inverno, como estas recebem pouca radiação, existe uma redução no valor do ganho máximo de, aproximadamente, 85%, tornando-se desfavorável.

Como visto, um alto fator solar irá aumentar e diminuir as necessidades de arrefecimento e de aquecimento, respetivamente. Conclusões semelhantes foram obtidas no trabalho de Steinar Grynning [84]. No que diz respeito à perda de calor, observa-se que quanto menor for o SHG menor são as perdas térmicas. Como o fator solar tem a capacidade de controlar a quantidade de energia que atravessa o envidraçado, significa que quanto mais pequeno for o seu valor, menor é a troca de calor por radiação.

A Figura 4.17 apresenta a influência do fator solar na temperatura interior da sala, que tem duas superfícies envidraçadas: uma a Este e outra a Sul (Tabela 3.7).

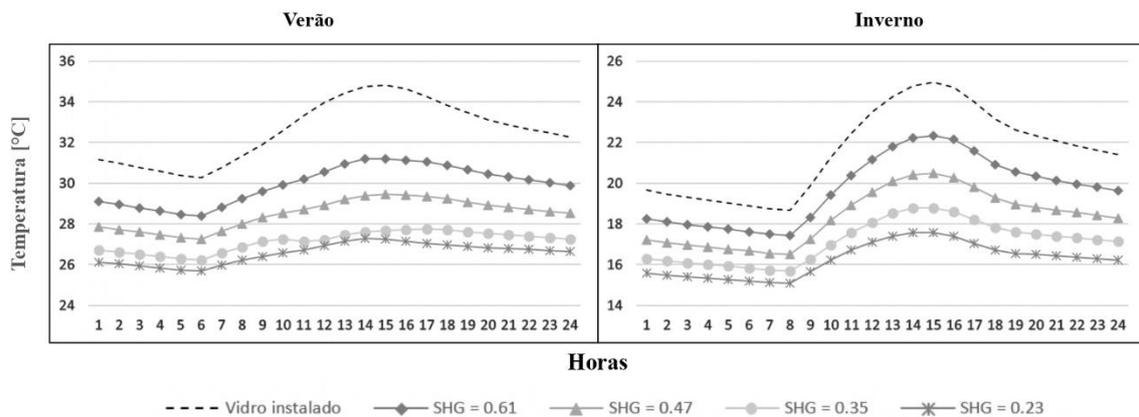
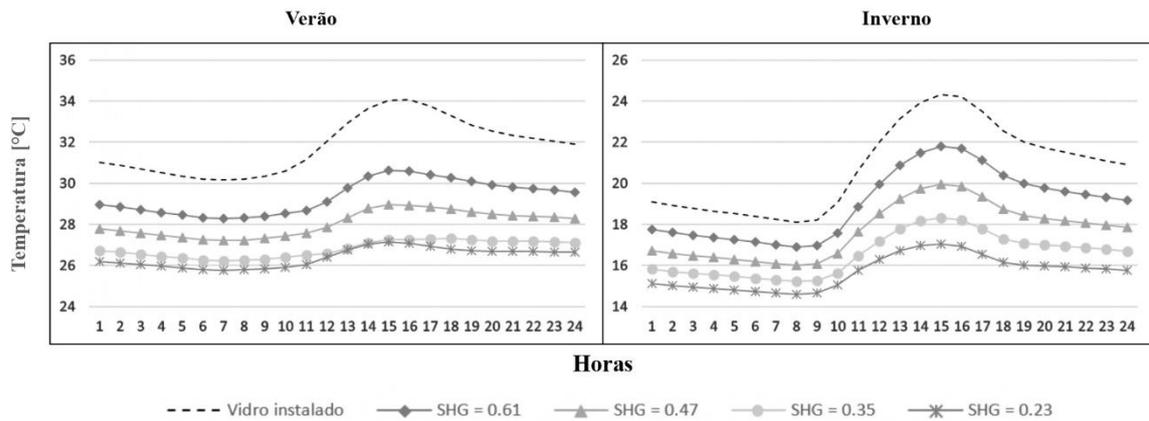


Figura 4.17 – Efeito SHG na temperatura interior na sala

Analisando a Figura 4.17, observa-se que a superfície envidraçada orientada a Sul permite que entre as 14 e as 15 horas a temperatura atinga o seu valor máximo. Este aumento é maior no inverno devido à incidência da radiação solar ser mais perpendicular na superfície envidraçada, tal como visto na Figura 4.15. No verão, como a incidência solar é mais tangencial à superfície envidraçada, o aumento da temperatura já não é tão repentino, permitindo obter menores diferenciais térmicos. Por exemplo, com um vidro de  $SHG = 0,61$ , o diferencial térmico é de  $2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  no verão e  $4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  no inverno. Por consequente, esta diferença de temperatura diminui para metade, aproximadamente, quanto mais baixo for o SHG.

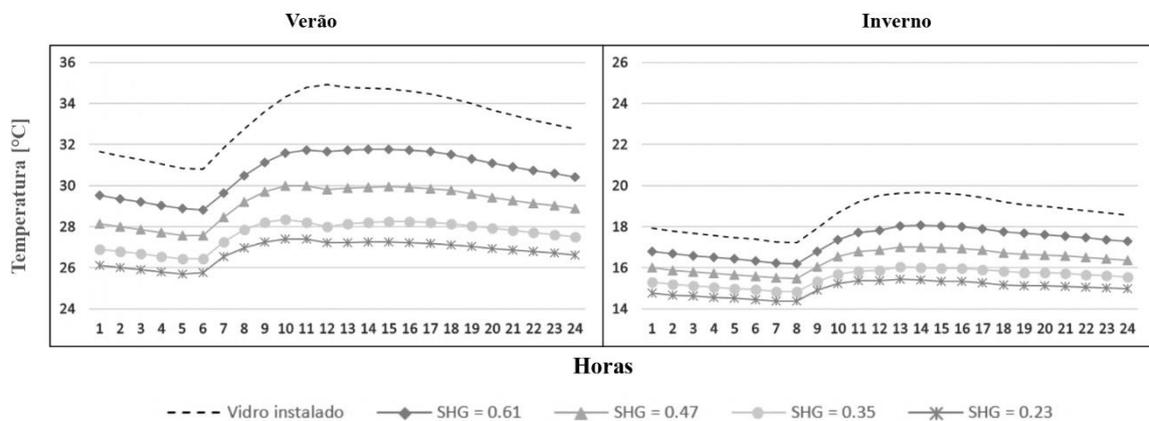
Na Figura 4.18 apresenta-se a influência do fator solar na temperatura interior do escritório, tem apenas uma superfície envidraçada orientada a Sul (Tabela 3.7).



*Figura 4.18 – Efeito SHG na temperatura interior no escritório*

Analisando a Figura 4.18 verifica-se que, tal como aconteceu na sala, existe um maior aumento da temperatura no período em que radiação solar incide diretamente na superfície envidraçada. Tendo em conta que a incidência solar na superfície envidraçada é mais perpendicular no inverno, existe um maior aumento da temperatura nesta estação do ano.

Na Figura 4.19 apresenta-se a influência do fator solar na temperatura interior da cozinha, que tem quatro superfícies envidraçadas: uma a Norte, duas a Este e outra a Sul (Tabela 3.7).



*Figura 4.19 – Efeito SHG na temperatura interior na cozinha*

Analisando a Figura 4.19, observa-se que devido às superfícies envidraçadas orientadas a Este, a radiação solar direta permite o aumento da temperatura nas primeiras horas do dia (a partir das 8h). Assim, quanto mais alto for o SHG, maior será a temperatura no espaço, tornando-se desfavorável no verão, mas benéfico no inverno. Além disto, observa-se que o diferencial térmico se torna mais reduzido quanto menor for o SHG pois, tal como visto anteriormente, esta redução impede que exista um grande ganho e perda de calor.

Na Figura 4.20 apresenta-se a influência do fator solar na temperatura interior da casa de banho, que tem apenas uma superfície envidraçada de pequenas dimensões orientada a Oeste (Tabela 3.7). Devido à sua dimensão reduzida e só ter radiação solar no período da tarde, a diferença de temperatura do espaço é menor que nos restantes, em ambas as estações. Observa-se ainda que, no verão, o maior período de incidência solar permite um maior aumento da temperatura entre as 16h e as 20h.

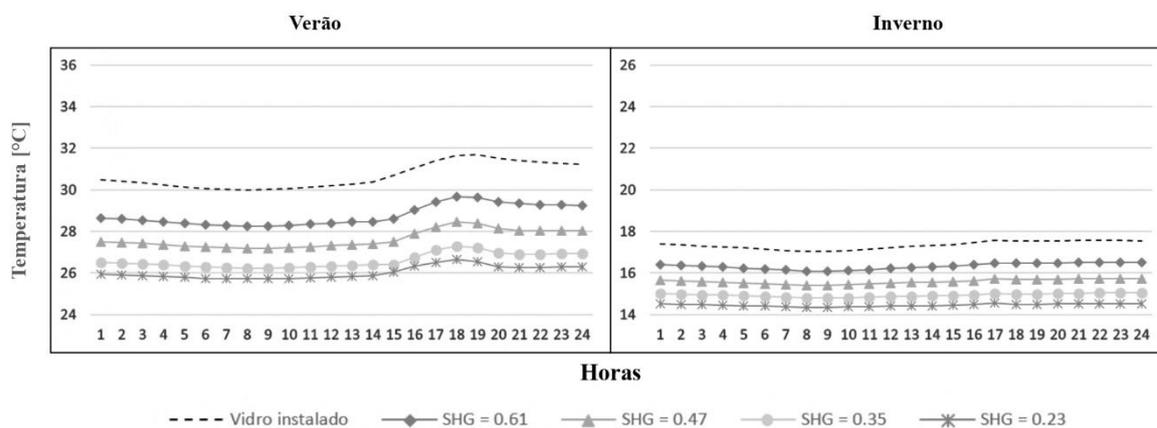


Figura 4.20 – Efeito SHG na temperatura interior na casa de banho

Tendo em conta as análises realizadas aos resultados destas simulações, conclui-se que a escolha do melhor valor de fator solar recai no 0,35. Desta forma, obtêm-se temperaturas próximas dos parâmetros de conforto no verão. No inverno permite uma melhor temperatura face ao SHG = 0,23, sendo necessário o uso de climatização para obter uma temperatura de conforto. Assim, e tendo em conta o valor escolhido no estudo do coeficiente de transmissão térmica, o melhor vidro para este edifício tem as seguintes características:  $U = 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$  e  $\text{SHG} = 0,35$ .

### 4.3.Efeito dos elementos construtivos

O edifício em estudo contém elementos de sombreamento fixos, também designados como palas, horizontais e verticais, que permitem a existência de sombreamento em algumas superfícies envidraçadas. Como foi abordado na secção 2.2.5, os elementos de sombreamento externos fixados na horizontal apresentam uma maior eficácia nas superfícies envidraçadas orientadas a Sul, enquanto os colocados na vertical são mais destinados à orientação Este e Oeste.

Na Figura 4.21 é possível observar os elementos de sombreamento (assinalados a roxo) existentes no edifício. Tendo em conta a planta apresentada na Figura 3.1, foi realizado um estudo da incidência solar às superfícies envidraçadas colocadas na janela

da cozinha (1), na porta da cozinha (2), ambas orientadas a este, e na janela da sala (3), orientada a sul. As superfícies envidraçadas 1 e 2 permitem estudar a influência de um elemento vertical e horizontal, respectivamente, enquanto a da sala (3), orientada a sul possui um elemento de sombreamento horizontal. Para este estudo foi definido que todos os vidros das superfícies envidraçadas possuem as seguintes características:  $U = 2,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  e  $\text{SHG} = 0,78$ .

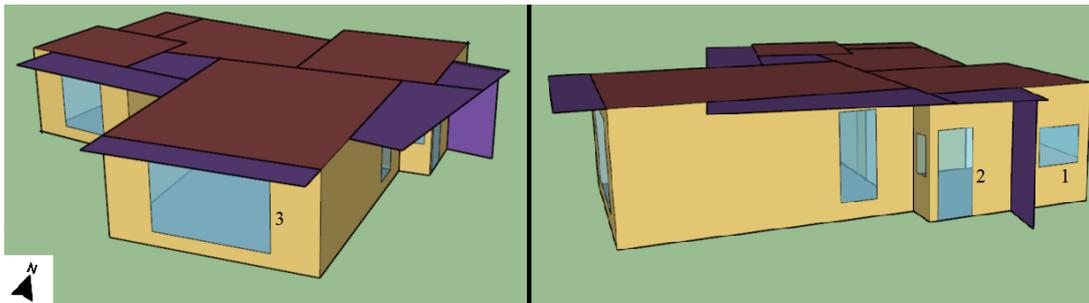


Figura 4.21 – Elementos de sombreamento exteriores existentes no edifício

Foi estudado o efeito que estes elementos têm no comportamento das superfícies envidraçadas assinaladas, ao longo das 24 horas dos dois dias de projeto definidos (8 de agosto e 18 de janeiro). Como nos estudos anteriores, estudou-se os ganhos e perdas térmicas, bem como a influência que estes apresentam na temperatura dos espaços.

Na Figura 4.22 e Figura 4.23 apresenta-se a influência dos elementos de sombreamento nas superfícies envidraçadas 1 e 2, sendo posteriormente relacionados com a temperatura da cozinha (Figura 4.24).

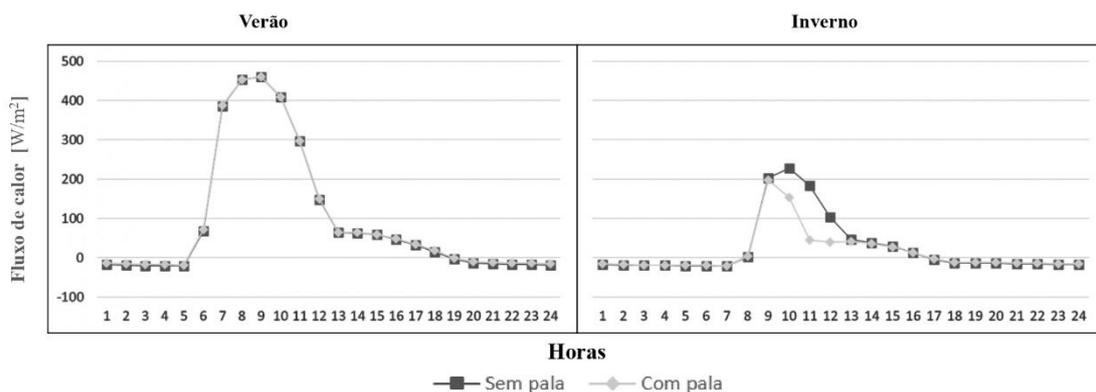


Figura 4.22 – Efeito do elemento de sombreamento vertical na orientação Este

Analisando a Figura 4.22, observa-se que a colocação de um elemento de sombreamento vertical junto a uma superfície envidraçada com orientação a Este apenas influencia negativamente os ganhos térmicos no inverno. Como nesta altura do ano o sol apresenta-se com um alto ângulo de incidência, o elemento construtivo vertical irá impedir que a radiação solar incida na superfície envidraçada entre as 9 e as 13 horas. A

maior diferença ocorre pelas 11 horas, onde existe uma diminuição de cerca de 75,6% do ganho de calor.

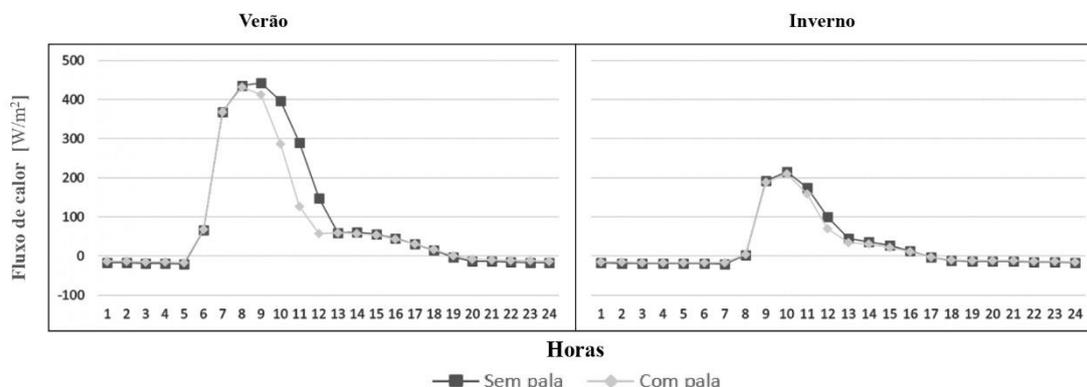


Figura 4.23 – Efeito do elemento de sombreamento horizontal na orientação Este

Analisando a Figura 4.23, que representa o efeito na troca térmica numa superfície envidraçada orientada a Este com uma pala horizontal, observa-se o comportamento oposto ao verificado na Figura 4.22. A existência do elemento construtivo horizontal permite uma diminuição de 30,3% no dia mais crítico de inverno e de 61,6% no de verão. Conclui-se que os elementos de sombreamento horizontais diminuem mais o efeito no ganho de calor no verão que no inverno. O efeito do sombreamento horizontal na superfície envidraçada é maior no verão porque os raios de sol têm uma incidência mais perpendicular, em relação à superfície terrestre. Assim, apesar de existir uma intensidade de radiação superior no verão, a existência de sombreamento diminui os ganhos de calor pelas superfícies envidraçadas, atenuando o aumento da temperatura no espaço. Ao contrário do que foi referido inicialmente nesta secção, as palas horizontais apresentam uma melhor contribuição nas superfícies orientadas a Este do que as palas verticais.

Como apresentado no início desta secção, estes dois elementos de sombreamento encontram-se nas superfícies envidraçadas da cozinha. Foram analisadas as temperaturas nesta divisão da habitação, que se apresentam na Figura 4.24.

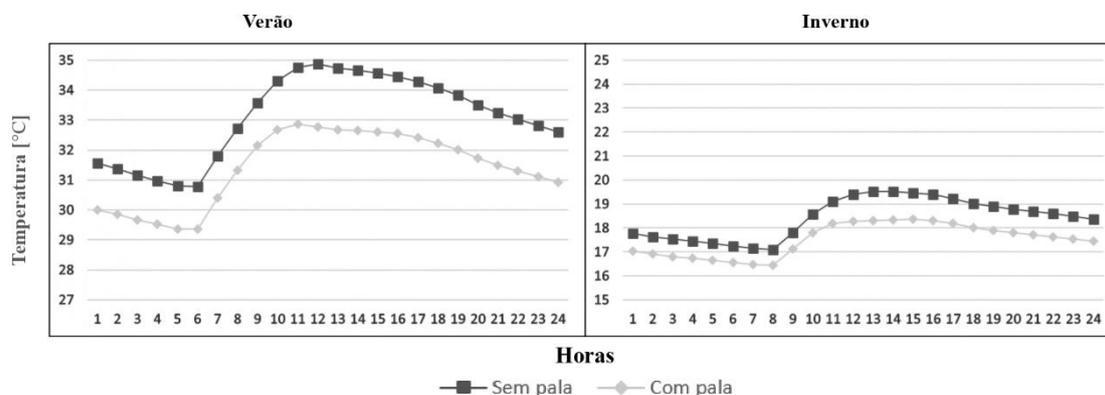


Figura 4.24 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura da cozinha

Através da Figura 4.24 é possível concluir que a existência dos elementos construtivos permitem reduzir a temperatura em ambas as estações, permitindo uma redução de cerca de 2,1 °C no verão e de 1,2 °C no inverno. Apesar da diminuição da temperatura ser superior em valor absoluto no verão, estação com a temperatura mais elevada, a sua taxa de redução é semelhante em ambas, registando-se uma diminuição máxima de 6% e de 6,3% no verão e no inverno, respetivamente. Esta diminuição de ganho de calor no inverno torna-se inconveniente, sendo que uma solução poderia passar por retirar a pala vertical presente na orientação Este, que tal como visto, apenas influencia o fluxo de calor no inverno.

Na Figura 4.25 apresenta-se o efeito da pala horizontal na superfície envidraçada orientada a Sul, sendo posteriormente analisado o efeito na temperatura da sala (Figura 4.26).

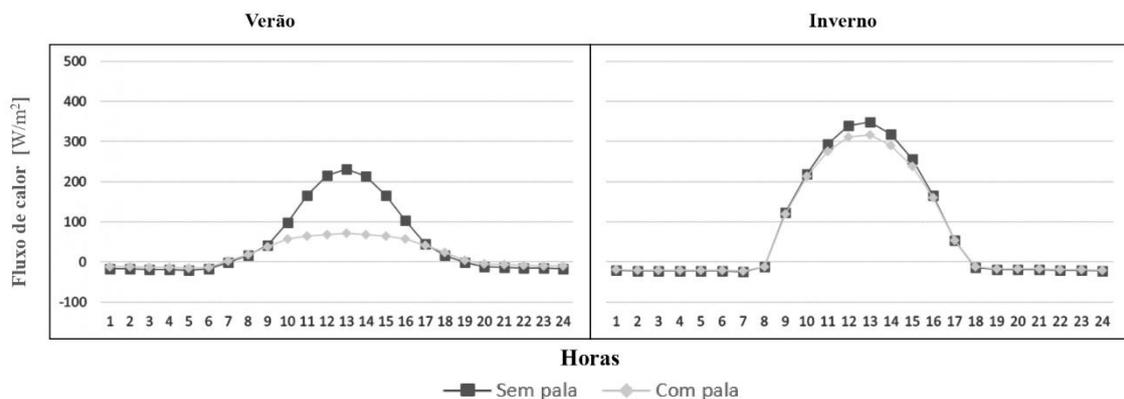


Figura 4.25 – Efeito do elemento de sombreamento horizontal na orientação Sul

Observando a Figura 4.25, relativamente à superfície envidraçada orientada a Sul, é visível o seu contributo no verão. Este comportamento já era expectável, pois tal como referido anteriormente, o sol encontra-se mais elevado, sendo que o elemento construtivo assegura que os raios solares não incidam no envidraçado. Por outro lado, no inverno, o sol apresenta-se mais baixo e, apesar de alguns raios serem bloqueados pelo elemento construtivo, possibilita que os restantes incidam no envidraçado, sendo benéfico. Desta forma, numa superfície orientada a Sul com um elemento construtivo horizontal, obtém-se uma diminuição do ganho de calor, às 13 horas, de 69,3% no verão e de 9,3% no inverno.

A Figura 4.26 apresenta a temperatura da sala, onde se observa uma diminuição máxima na temperatura de 13,4% no verão e 4,5% no inverno. A forte contribuição da pala horizontal permite obter temperaturas no verão ligeiramente acima do limite de conforto (27 °C), e uma boa temperatura no inverno, apesar da redução obtida.

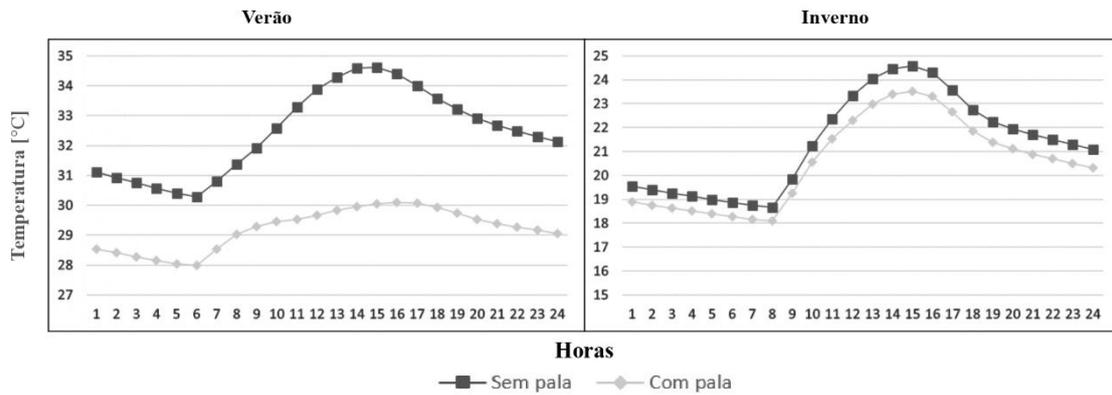


Figura 4.26 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura da sala

Para além da existência da pala horizontal nas superfícies envidraçadas anteriormente apresentadas, esta também se encontra presente nas superfícies envidraçadas do hall e do escritório, na orientação Sul. Assim, na Figura 4.27 e Figura 4.28, apresenta-se a influência deste elemento de sombreamento na temperatura destes dois espaços.

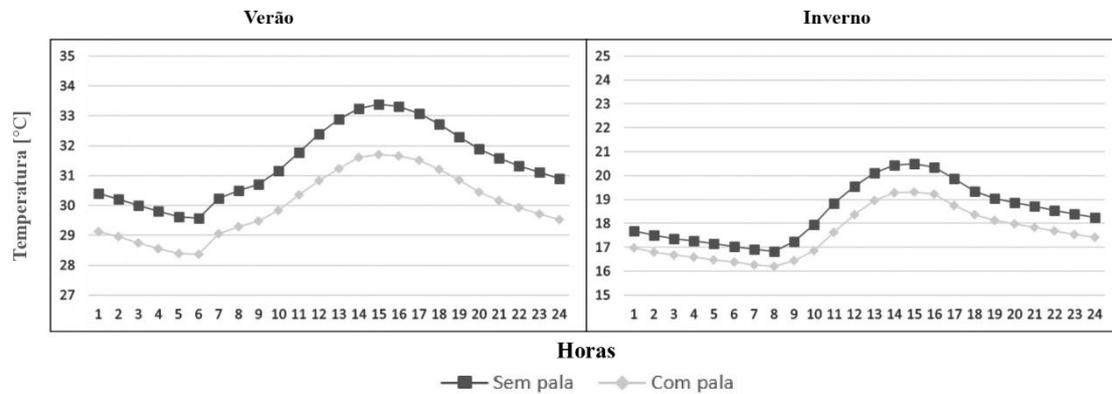


Figura 4.27 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura do hall

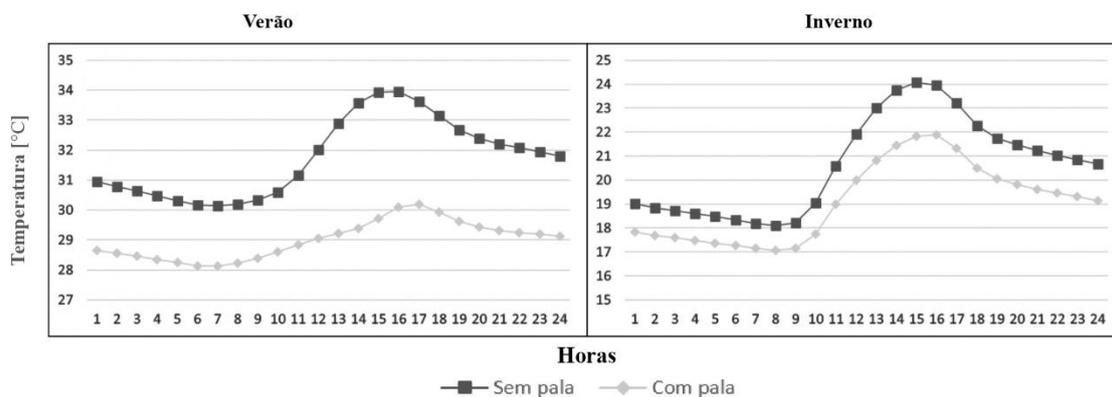


Figura 4.28 – Efeito dos elementos de sombreamento na temperatura do escritório

O hall possui um envidraçado a Norte, sem elementos construtivos, e outro a Sul, de pequenas dimensões e com um elemento construtivo horizontal de grandes dimensões, que impede a radiação solar incidente. Assim, e de forma negativa, a maior diferença de temperatura no interior é registada durante o inverno com uma diminuição de 6,4%, sendo

que no verão diminui 5%. Desta forma, este espaço deverá ter vidros isolantes, que impeçam a perda térmica para o exterior, permitindo uma melhor temperatura no espaço. Por fim, o escritório com apenas uma superfície envidraçada com um elemento construtivo horizontal, tem uma maior diminuição no verão (12,4%) face ao inverno (9,7%), tornando-se benéfico. Conclusões semelhantes às realizadas neste estudo podem ser observados no artigo [85].

#### **4.4.Simulação com Carrier HAP**

O *Hourly Analysis Program* (HAP) será utilizado com o objetivo de recorrer a diferentes ferramentas de simulação disponíveis no mercado para estudar cargas térmicas e para observar se a utilização de diferentes programas pode afetar os valores obtidos. Os resultados das simulações numéricas serão apresentados e comparados com os do *EnergyPlus*, mais concretamente, da troca térmica das superfícies envidraçadas, paredes e cobertura.

##### **4.4.1. Desenvolvimento do modelo**

Esta secção apresenta o desenvolvimento do modelo em HAP, considerando os mesmos parâmetros do edifício enunciados na secção 3.1 e utilizados no *OpenStudio* para ser possível a comparação dos resultados obtidos. Desde modo, o modelo considerou a mesma carga horária de ocupação e iluminação e o mesmo tipo de constituição das superfícies opacas e envidraçadas. Neste último foi parametrizada o mesmo vidro na superfície envidraçada já instalado na moradia ( $U = 2,7 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $\text{SHG} = 0,78$ ), considerado o caso de referência nos estudos anteriores.

A definição dos parâmetros meteorológicos do local em estudo no software HAP requer a introdução de dados adicionais, além da importação do ficheiro *weather* (\*.epw), tais como: a latitude, longitude, elevação, os perfis de temperatura de bolbo seco e húmido mensal, perfil de radiação solar mensal, entre outras.

##### **4.4.1.1. Perfis de temperatura do local**

O *software* HAP requer ainda a definição de perfis da temperatura mensais parametrizado com valores típicos, cujos dados são obtidos a partir das tabelas climatológicas [83]. Estes dados contêm as temperaturas de bolbo seco máximas e mínimas mensais, e num registo em 3 horas diferentes, as temperaturas de bolbo seco, a

humidade relativa, nebulosidade, insolação e precipitação. A Tabela 4.1 apresenta a tabela das temperaturas e humidade relativa para o mês de janeiro.

Tabela 4.1 – Temperatura e humidade relativa para o mês de janeiro  
(Adaptado de: [83])

Temperatura do ar [°C]						Humidade relativa do ar (%)		
6h	12h	18h	Mensal	Máx.	Min.	6h	12h	18h
8,7	12,1	11,6	10,7	14,2	7,2	87	76	79

O Carrier HAP requer a definição dos valores mensais da temperatura, máxima e mínima, de bolbo seco e húmido. Enquanto as temperaturas de bolbo seco são possíveis retirar da Tabela 4.1, as temperaturas de bolbo húmido foram obtidas através da carta psicrométrica, mais concretamente do *software Munters HD PsyChart* [86].

Assim, através da temperatura de bolbo seco e da humidade relativa do local às 9h e 18h, irá determinar-se qual possui o maior valor de humidade específica (condição desfavorável). A Figura 4.29 apresenta os resultados com os parâmetros psicrométricos obtidos.

Current Point		Current Point	
DB	8.700	DB	11.600
RH	87.00000	RH	79.00000
Air Flow	472	Air Flow	472
DB	8.700	DB	11.600
WB	7.647	WB	9.695
RH	87.00	RH	79.00
W	6.09	W	6.72
v	0.806	v	0.815
h	23.998	h	28.538
DP	6.656	DP	8.083
d	1.2483	d	1.2351
vp	7.3395	vp	8.0927
AW	7.557	AW	8.247

Figura 4.29 – Parâmetros psicrométricos do local em janeiro às 6h e 18h.

Analisando a Figura 4.29 é possível observar que o maior valor de humidade específica corresponde a 6,72 g/kg, sendo obtido às 18h. Com este valor e, juntamente com o valor da temperatura máxima de bolbo seco (14,2 °C), tal como é possível observar na Tabela 4.1, irá obter-se o valor da temperatura de bolbo húmido máxima. Contudo, se realizarmos o mesmo processo para a marcação do ponto da temperatura de bolbo húmido mínima, observa-se que o ponto ultrapassa o ponto de saturação. Desta forma será necessário marcar o ponto assumindo que este irá ficar na linha de saturação (HR = 100%). Na Figura 4.30 é possível observar a marcação destes dois pontos.

Current Point		Current Point	
DB	14.200	DB	7.200
W	6.72000	RH	99.99999
Air Flow	472	Air Flow	472
DB	14.200	DB	7.200
<b>WB</b>	<b>10.832</b>	<b>WB</b>	<b>7.200</b>
RH	66.61	RH	100.00
W	6.72	W	6.32
v	0.823	v	0.802
h	31.178	h	23.059
DP	8.078	DP	7.200
d	1.2240	d	1.2548
vp	8.0897	vp	7.6191
AW	8.170	AW	7.885

Figura 4.30 – Características dos pontos de temperatura máxima e mínima

Como é possível observar pela Figura 4.30, a temperatura de bolbo húmido é de 10,8 °C e 7,2 °C às 6h e 18h, respetivamente. Estes valores foram considerados como os valores máximo e mínimo para o mês de janeiro na parametrização do *software* HAP. Todo o processo foi repetido para os restantes meses, tendo-se obtido as temperaturas mensais de bolbo seco e húmido, máximas e mínimas, ao longo do ano. A Figura 4.31 apresenta a tabela de parametrização implementada no HAP.

Month	Dry Bulb		Wet Bulb	
	Max	Min	Max	Min
jan	14.2	7.2	10.8	7.2
fev	15.0	7.7	11.3	7.7
mar	17.0	8.7	12.1	8.7
abr	19.2	10.2	13.3	10.2
mai	21.9	12.3	15.2	12.3
jun	24.8	14.8	17.3	14.8
jul	27.5	16.5	19.1	16.5
ago	27.8	16.8	19.1	16.8
set	26.2	16.0	18.6	16.0
out	22.4	13.6	16.5	13.6
nov	17.5	9.9	13.1	9.9
dez	14.6	7.6	10.9	7.6

Figura 4.31 – Perfis de temperatura implementados no *software* HAP.

#### 4.4.1.2. Perfis de radiação do local

A caracterização dos perfis de radiação no HAP requer a definição dos coeficientes de multiplicação mensais, tendo sido implementada a seguinte metodologia para os obter.

Com recurso ao *View Input Reports* realizou-se uma simulação do perfil de exposição solar no HAP. Tal acontece através da simulação o ficheiro *weather* implementado, no qual obtém-se a potência média instantânea de radiação [ $W/m^2$ ], para cada hora. O valor da potência média instantânea de radiação mensal é obtida multiplicando a potência média instantânea de radiação do dia pelo número de dias do mês.

O valor da radiação solar global incidente no local em estudo é obtido através da linha da radiação mais próxima observada no mapa da Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica [87], como é possível observar na Figura 4.32.



Figura 4.32 – Mapa de radiação no local (ponto verde) no mês de janeiro

Analisando a Figura 4.32, observa-se que o local em estudo (Mafra), identificado com um ponto verde, está sujeito a uma radiação solar aproximada de 65 kWh/m<sup>2</sup> no mês de janeiro. O coeficiente de multiplicação a implementar no HAP foi obtido a partir do quociente entre o valor obtido no mapa e o valor obtido nas simulações no HAP (Figura 4.33).

Design Day Maximum Solar Heat Gains W/m <sup>2</sup>										
Month	Multiplier	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
Jan	0.88	55.7	55.7	55.7	235.2	434.3	577.1	675.1	704.6	702
Feb	0.85	65.4	65.4	151.0	330.7	521.3	627.6	670.1	656.1	636
Mar	0.85	78.3	78.3	268.9	460.8	575.8	644.8	623.2	571.0	541
Apr	0.96	103.0	221.1	421.9	585.7	679.4	669.4	608.2	503.7	451
May	0.99	116.5	323.7	516.6	630.1	688.5	643.6	537.1	400.0	334
Jun	1.03	155.4	375.4	559.0	663.8	703.2	638.0	514.0	360.4	292
Jul	1.14	137.2	376.1	577.7	723.2	778.4	717.0	602.2	444.6	372
Aug	1.12	126.0	256.4	467.7	665.5	763.0	755.2	683.3	565.8	508
Sept	1.12	107.3	107.3	313.9	570.8	730.6	803.3	795.6	729.9	694
Oct	1.00	79.8	79.8	150.5	400.5	573.7	712.8	754.3	744.6	730
Nov	1.06	68.4	68.4	68.4	265.6	513.4	632.0	796.9	828.6	835
Dec	1.01	58.0	58.0	58.0	206.4	443.3	615.8	748.7	799.6	808

Figura 4.33 – Coeficientes de multiplicação a implementar no modelo de radiação

#### 4.4.1.3. Modelo do edifício

A modelação do edifício no HAP tem uma abordagem diferente da implementada previamente no *OpenStudio*. Enquanto no *OpenStudio*, o modelo do edifício é obtido através de modelação 3D, no HAP, os espaços são introduzidos individualmente, sendo necessário especificar para cada um: área do piso, volume, orientação, área e constituição das envolventes opacas exteriores e quantidade de superfícies envidraçadas, portas e sombreamento.

No HAP não é necessário definir as paredes interiores, pois como todos os espaços vão estar climatizados, não irá existir trocas térmicas entre os espaços. Para além disto, e

tendo em conta que o programa apenas permite introduzir sombreamento em janelas, será necessário assumir que a porta de vidro da cozinha é considerada uma janela.

#### 4.4.1.4. Cargas térmicas interiores

A parametrização das cargas térmicas devido à iluminação e ocupação é realizada de forma semelhante no HAP e no *OpenStudio*, divergindo apenas na forma de definir a energia transmitida pelo metabolismo. Enquanto no HAP é necessário definir o calor sensível e latente de acordo com o nível de atividade das pessoas, no *OpenStudio* é definido o metabólico. Na Tabela 4.2 apresenta-se os valores implementados, considerando uma temperatura de 24 °C no espaço.

Tabela 4.2 – Calor sensível e latente da atividade em cada espaço (HAP) [74]

Espaço	Nível de atividade [W]	
	Sensível	Latente
Casa de banho	67	33
Cozinha	80	80
Escritório	70	50
Hall	76	74
Sala	70	50

#### 4.4.1.5. Sistemas de climatização

Neste estudo considerou-se que o edifício está climatizado com um piso radiante elétrico na casa de banho e um sistema VRF nos restantes espaços. Ambos os sistemas terão um horário de utilização de 24 horas, de modo a estarem sempre disponíveis para controlar a temperatura dentro dos valores desejados.

Uma vez que o HAP não tem disponível o sistema de piso radiante foi necessário realizar uma adaptação, considerando-se um *Packaged Vertical Units*, de zona única, apenas com a função de aquecimento, através de uma resistência elétrica. Em ambos os programas, este sistema terá uma temperatura de *set-point* de 20 °C, com uma tolerância (*throttling range*) de +/- 2 °C, ou seja, a temperatura interior poderá oscilar entre os 18 °C e os 22 °C.

O sistema VRF utilizado nos restantes 4 espaços foi definido com uma temperatura de *set-point* de 20 °C para o aquecimento e de 25 °C para o arrefecimento, com uma tolerância de 2 °C. No *OpenStudio*, como não é possível indicar a tolerância, será considerado uma temperatura de *set-point* de 18 °C para o aquecimento e de 27 °C para

o arrefecimento. Em ambos, o sistema irá ter temperaturas de insuflação de 16 °C e 35 °C nas estações de arrefecimento e de aquecimento, respetivamente. A unidade terminal terá uma pressão total estática de 300 Pa. No que diz respeito à unidade exterior, este terá uma potência de 12,1 kW e 13,6 kW de arrefecimento e aquecimento, respetivamente, com um EER e um COP de 4,17 e 4,86, respetivamente.

#### 4.4.2. Resultados das simulações

Esta secção apresenta os resultados da simulação realizadas com os *softwares* HAP e *OpenStudio*. De modo a se obter uma comparação o mais realista possível, de seguida descreve-se os métodos de análise realizados por cada um.

Tal como visto na secção 2.3.2, o *OpenStudio* permite simular a transferência de calor com um tempo de discretização definido pelo utilizador e apresentar os resultados com intervalos inferiores a uma hora. Por outro lado, o HAP apenas fornece os resultados da carga térmica para o mês e hora crítica.

Tendo em conta os parâmetros definidos em ambos os programas, a carga térmica dos espaços é influenciada pela iluminação, pessoas, superfícies envidraçadas e pelas superfícies opacas. Observou-se que a acumulação de calor causada pela iluminação e pessoas é mais notável no *OpenStudio*. Este acontecimento foi possível observar no período em que não havia ocupação ou iluminação (definido nos horários), no qual o programa apresenta um valor de potência menor ao implementado, indicando acumulação de calor no espaço. No entanto, tendo em conta os objetivos do presente trabalho, pretende-se comparar o calor transferido pelas superfícies envidraçadas e opacas (paredes e cobertura). Enquanto no HAP estes parâmetros são obtidos automaticamente, no *OpenStudio* é necessário indicar quais são as variáveis que se pretende simular. Assim, neste estudo serão simuladas, com uma frequência horária as seguintes variáveis [88]:

- *Surface Window Heat Gain Rate* [W]: indica o fluxo de calor total para zona proveniente do vidro e caixilharia, de cada janela exterior, quando o fluxo é positivo;
- *Surface Window Heat Loss Rate* [W]: indica o fluxo de calor total através de cada janela exterior, quando o fluxo é negativo;
- *Surface Average Face Conduction Heat Transfer Rate* [W]: descreve a transferência de calor por condução de cada superfície opaca, combinando a

da face interna e externa. Tem ainda em conta o processo de convecção, no qual a coeficiente de convecção da face exterior possui o sinal inverso, coincidindo deste modo com a face interna. Com isto, valores com sinal positivo indicam que o calor está a fluir para o espaço.

Tendo em conta que o *OpenStudio* fornece resultados com uma frequência horária, será necessário obter uma média dos valores na mesma hora e mês do que os considerados como projeto no HAP. Os resultados da simulação podem ser observados na Tabela 4.3, na Tabela 4.4 e Tabela 4.5.

Tabela 4.3 – Potência calorífica transmitida pelas superfícies envidraçadas: HAP vs *OpenStudio*

	Casa de banho	Cozinha	Escritório	Hall	Sala
	[W]				
HAP	219	985	1121	735	2936
OpenStudio	216	483	884	122	2264
Mês e hora de pico	Julho 19h	Julho 14h	Novembro 15h	Julho 19h	Novembro 14h

Na Tabela 4.3 observa-se que os valores obtidos no HAP são maiores face aos do *OpenStudio*. Realça-se que a maior diferença é obtida na sala, registando uma diferença de 672 W, sendo que a casa de banho é o espaço que os valores são mais próximos, com uma diferença de 3 W.

Tabela 4.4 – Potência calorífica transmitida pelas paredes: HAP vs *OpenStudio*

	Casa de banho	Cozinha	Escritório	Hall	Sala
	[W]				
HAP	-66	-30	-122	-9	-244
OpenStudio	93	244	516	-34	761
Mês e hora de pico	Julho 19h	Julho 14h	Novembro 15h	Julho 19h	Novembro 14h

Analisando a Tabela 4.4, observa-se que os valores obtidos pelo HAP indicam que todos os espaços estão a perder calor pelas paredes, sendo que este acontecimento no *OpenStudio* apenas ocorre no hall. Tal como obteve-se nas superfícies envidraçadas, a maior diferença entre valores é registada na sala (1005 W). Contudo, o hall é o espaço onde se regista a menor diferença entre valores (43 W).

Tabela 4.5 – Potência calorífica transmitida pela cobertura: HAP vs OpenStudio

	Casa de banho	Cozinha	Escritório	Hall	Sala
	[W]				
HAP	0	65	-31	61	-108
OpenStudio	-20	240	-23	-26	-16
Mês e hora de pico	Julho 19h	Julho 14h	Novembro 15h	Julho 19h	Novembro 14h

Analisando os resultados da Tabela 4.5, observa-se que ao contrário das paredes, existe uma maior concordância no sentido da troca de calor. A maior diferença de valores é registada na cozinha, sendo que a menor regista-se no escritório.

Como foi possível observar, existem diferenças nos resultados obtidos entre os 2 *softwares*, no qual pode ser justificada pelo diferente método de cálculo utilizado.

Salienta-se o facto de que, para o cálculo da troca térmica, o *software* Carrier HAP apenas utiliza os perfis de temperatura e de radiação definidos pelo utilizador, apresentados na Figura 4.31 e Figura 4.33 [89]. O ficheiro comum ao *OpenStudio* apenas é utilizado quando se pretende simular os consumos energéticos. Esta limitação é um condicionante que se deve ter em conta, uma vez que influencia as temperaturas exteriores e a radiação solar e, conseqüentemente, a energia que é transmitida para o interior do edifício pelas superfícies envidraçadas.

Na troca térmica pelas superfícies envidraçadas existem diferenças dos valores obtidos com ambos os programas, sendo o hall e a sala aqueles que registam a maior disparidade. Para além da diferença apresentada anteriormente, esta discrepância pode ser justificada pela diferença na modelação do edifício, mais concretamente da posição da superfície envidraçada na parede. No HAP, a modelação da superfície envidraçada é realizada através da indicação da sua área, características e superfície opaca em que esta se encontra. O *OpenStudio* difere por permitir a modelação geométrica, no qual é possível indicar a posição desta na superfície opaca. Assim, o sombreamento causado pela parede não é tido em conta no HAP, influenciando o valor da troca térmica. Dando como exemplo, na sala a superfície envidraçada orientada a Este encontra-se posicionada junto à parede exterior a Sul da cozinha. Como está junto a uma esquina, irá sofrer um pouco de sombreamento em determinada do dia, influenciando a troca térmica.

Relativamente às superfícies opacas, as diferenças são mais significativas, tanto numericamente como na indicação do sentido da transferência de calor, que pode ser justificada pelo método de cálculo de transferência de calor utilizado por cada *software*.

No caso do *OpenStudio*, a transferência de calor pelas superfícies opacas exteriores é influenciado pela troca de calor por condução, convecção e radiação solar [79].

Para o cálculo da troca de calor por condução, o programa tem em conta o coeficiente global de transmissão térmica das superfícies opacas.

No cálculo da transferência de calor por convecção, o valor do coeficiente de convecção é influenciado pelo algoritmo escolhido pelo utilizador, quer para a convecção exterior quer interior. Em todo o trabalho utilizou-se os algoritmos pré-definidos pelo *software*, no qual para a convecção exterior tem em conta correlações provenientes da medição em superfícies rugosas, sendo que para a convecção interior tem em conta a diferença de temperatura entre a superfície e o ar do espaço [79, 90].

No que diz respeito à radiação, tem em conta a radiação solar direta e difusa, no qual depende da localização, do ângulo da superfície exterior exposta à radiação solar, materiais que constituem a superfície opaca, condições exteriores, entre outros, disponível no ficheiro *weather* importado [79].

Para o cálculo no Carrier HAP, este tem em conta os coeficientes de transmissão de calor por condução, tendo em conta a constituição das envolventes opacas, a temperatura do ar interior, a área da parede e a temperatura causada pela radiação solar na superfície opaca exterior. No entanto, o HAP considera a existência de um atraso no tempo entre o ganho de calor ocorrido na superfície exterior (parede ou cobertura) e a sua transmissão para o espaço interior, mais concretamente a inércia térmica. Desta forma, o cálculo do ganho de calor deve considerar a transferência de calor transiente. Para além disto, o termo da temperatura causada pela radiação solar, não representa a temperatura real da superfície, mas uma temperatura que daria o ganho real de calor externo, quando 100% do ganho de calor fosse convecção [91].

Analisando os métodos de modelação e cálculo do *OpenStudio* e do HAP é possível concluir que ambos são diferentes. O *OpenStudio*, apresenta um método de cálculo mais complexo, que difere do HAP por ter em conta, a radiação solar direta que penetra a superfície envidraçada e incide nas paredes interiores, a acumulação de calor dentro do espaço e a convecção interior [92]. A acumulação de calor deve-se à capacidade do

programa em simular a troca térmica, considerando que os materiais absorvem, armazenam e libertam calor.

Como visto, estes dois programas diferem no método de cálculo e nas considerações que têm em conta. Assim, o *OpenStudio* é um programa que permite estudar e visualizar dinamicamente o comportamento térmico nos espaços ao longo do dia, enquanto o HAP, com a sua rápida resposta, torna-se vantajoso quando se pretende um dimensionamento do sistema de AVAC.

#### **4.5. Estudo comparativo de diferentes superfícies envidraçadas**

Nesta secção pretende-se analisar o impacto que a alteração dos vidros das superfícies envidraçadas existentes na habitação por outras soluções existentes no mercado apresentam na eficiência energética, mais concretamente no consumo energético. Neste estudo serão considerados três vidros duplos existentes no mercado com o objetivo de se comparar os ganhos e perdas térmicas das diferentes soluções. Esta análise irá permitir estimar os custos em climatização com as três soluções e realizar uma análise que compare os custos de investimento e de climatização das diferentes soluções.

##### **4.5.1. Estudo dos ganhos e perdas energéticas anuais**

Para realização deste estudo foram selecionadas três soluções de vidros com características e indicações diferentes. A solução Climalit é a solução de vidro mais simples, sendo apenas constituída por uma estrutura de vidro duplo incolor. É a solução que apresenta o coeficiente de transmissão de calor e o fator solar mais elevado. O vidro Climaguard P possui uma capa na face exterior do vidro interior que permite um elevado ganho solar e uma boa transmissão de luz. Desta forma irá permitir uma redução do consumo de aquecimento e um melhor conforto no inverno, sendo esperado que o consumo de arrefecimento seja maior, devido ao seu alto fator solar. Finalmente, o vidro GuardianSun tem uma capa na face interior do vidro exterior, permitindo conforto em qualquer estação do ano e entrada de luz natural. Esta solução é a que apresenta os valores mais baixos do coeficiente de transmissão de calor e do fator solar, sendo esperado que proporcione um consumo mais baixo na época de arrefecimento [93].

Tendo em conta a importância de se evitar as necessidades de aquecimento no verão e de arrefecimento no inverno no interior da habitação, neste estudo será feita uma análise aos ganhos e perdas térmicas anuais.

A Tabela 4.6 apresenta as principais características das superfícies envidraçadas, cujos dados foram retirados do CalumenLive (Saint-Gobain), e do Performance Calculator (Guardian Glass). Para além disto é ainda possível observar que será estudado um vidro com as características iguais às do vidro já instalado (Climalit), outro com as características mais próximas às do vidro ótimo escolhidas do estudo do U e do SHG (GuardianSun), e um outro com um SHG ligeiramente maior a este último (Climaguard P).

Tabela 4.6 – Tipos de vidros em análise [94, 95]

Modelo	Fabricante	Caraterísticas [mm]	U [W/m <sup>2</sup> ]	Fator solar
Climalit	Saint Gobain	4 / 16 (ar) / 4	2,7	0,8
GuardianSun	Guardian	4 / 16 (ar) / 6	1,3	0,43
Climaguard P	Glass	6 / 16 (ar) / 4	1,4	0,63

Foi realizado um estudo para análise dos ganhos e perdas térmicas, ocorridas nas superfícies envidraçadas de cada divisão do edifício. A Figura 4.34 e Figura 4.35 apresentam os ganhos e perdas máximos na estação de arrefecimento e de aquecimento, respetivamente, por espaço, para as diferentes soluções.

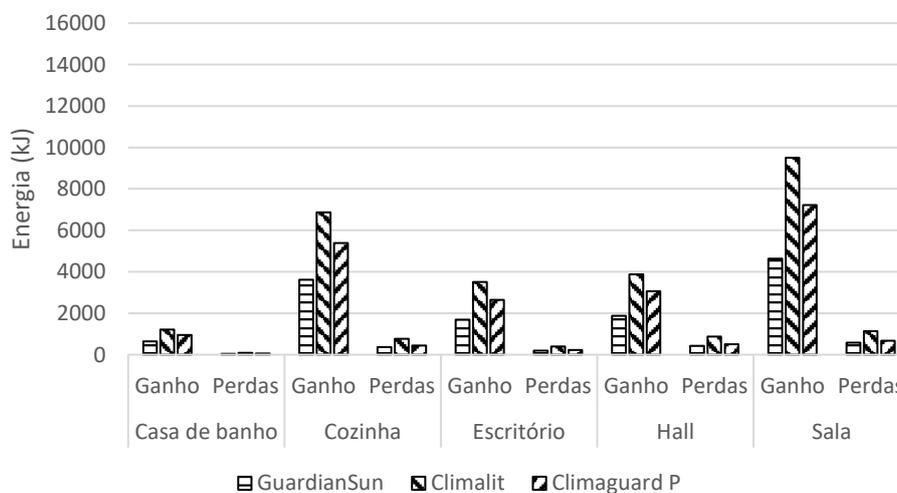


Figura 4.34 – Tipos de vidros vs Ganho e perda no verão em cada espaço

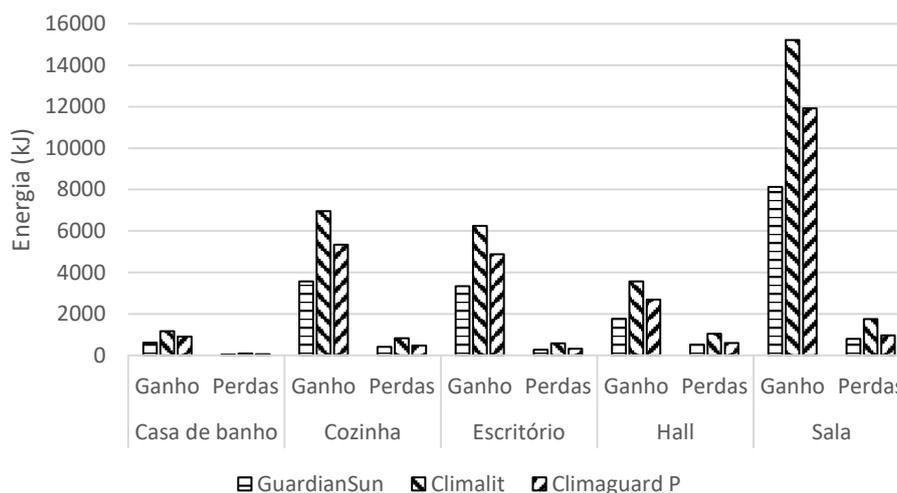


Figura 4.35 – Tipos de vidros vs Ganho e perda no inverno em cada espaço

Analisando a Figura 4.34 e Figura 4.35 observa-se que o Climalit é a superfície envidraçada que se destaca, tanto nos ganhos como nas perdas. Esta conclusão já era expectável por se tratar do vidro que apresenta os maiores valores de coeficiente de transmissão de calor e de fator solar, permitindo mais trocas de calor com o interior do espaço. Além disto, destaca-se ainda o facto de as perdas com o vidro do GuardianSun e do Climaguard P serem praticamente iguais. Tendo em conta que este último apresenta um maior ganho de calor, é expectável que se torne mais vantajoso no inverno do que no verão, uma vez que foi projetado para proporcionar um melhor conforto no inverno.

Comparando a troca térmica nos espaços no verão e inverno, observa-se que a sala e a cozinha apresentam um aumento significativo nos ganhos na estação de aquecimento. Como ambos possuem uma superfície envidraçada na orientação Sul e devido à incidência solar perpendicular nelas, os ganhos por radiação solar aumentam, sendo vantajoso nesta estação do ano.

#### 4.5.2. Custos de exploração das diferentes soluções

Esta secção apresenta uma análise económica sobre os custos associados à instalação das diferentes soluções de superfícies envidraçadas, com o objetivo de saber se é economicamente rentável o investimento na substituição do vidro por outro com melhores características. Para tal, serão calculados os custos energéticos associados à necessidade de climatizar o edifício com uma temperatura de conforto, no qual as necessidades de aquecimento e de arrefecimento podem ser facilmente entendidas na Figura 4.36.



Figura 4.36 – Necessidades de aquecimento e de arrefecimento  
[Adaptado de: [84]]

Analisando a Figura 4.36 é possível observar quando é que existe necessidade de aquecimento e de arrefecimento, quando esta está abaixo ou acima, respetivamente, dos valores de conforto. Este controlo é feito através da definição de valores de referência (usualmente conhecidos por *set-point*) implementados no controlador do sistema de climatização. Assim, se a temperatura se mantiver dentro dos valores de conforto estabelecidos, os gastos em climatização serão menores. A redução e o aumento do ganho de calor são uma forma de se reduzir os gastos em climatização no verão e no inverno, respetivamente.

Para além dos gastos energéticos, também é importante analisar o custo do investimento inicial, ou seja, o preço das superfícies envidraçadas a instalar na habitação, cuja área total é de 23,68 m<sup>2</sup>. Através de um estudo de mercado, foi possível saber os preços praticados no mercado atualmente com os 3 vidros em análise, os quais podem ser observados na Tabela 4.7. Apesar de a caixilharia estar modelada no programa, salienta-se que neste estudo não se irá ter em conta o seu preço, uma vez que o coeficiente de transmissão térmica desta não foi alterada ao longo deste trabalho. Desta forma, a sua influência não foi estudada no âmbito do trabalho, fazendo com este estudo foque apenas o custo do vidro.

Tabela 4.7 – Investimento inicial dos diferentes tipos de vidros

Vidro	Custo [€/m <sup>2</sup> ]	Custo de investimento [€]
GuardianSun	69,48	1645,29
Climalit	46,54	1102,07
Climaguard P	61,60	1458,69

Foi realizado um cálculo do custo de exploração, para cada uma das soluções. Recorrendo à ADENE, observa-se que este custo engloba a energia para aquecimento,

para arrefecimento, para os ventiladores e águas quentes sanitárias. No entanto, este estudo não inclui a energia gasta nas águas quentes sanitárias. Assim, o custo de exploração de cada uma das soluções foi calculado através da equação (4.2) [96]:

$$C_{\text{exp}} = C_{\text{energia}} \times (EF_{\text{ic}} + EF_{\text{vc}} + W_{\text{vm}}) \quad (4.2)$$

no qual:

$C_{\text{exp}}$  – Custo de exploração [€/ano];

$C_{\text{energia}}$  – Custo da energia elétrica [€/kWh];

$EF_{\text{ic}}$  – Energia elétrica necessária para o aquecimento [kWh/ano];

$EF_{\text{vc}}$  – Energia elétrica necessária para o arrefecimento [kWh/ano];

$W_{\text{vm}}$  – Energia elétrica necessária para o funcionamento dos ventiladores [kWh/ano].

No *OpenStudio*, através da implementação de um sistema de piso radiante elétrico na casa de banho e um sistema VRF nos restantes espaços, obtém-se os diferentes consumos de energia anuais de arrefecimento, aquecimento e dos ventiladores, tal como é possível observar na Tabela 4.8. Para estes valores não foi necessário definir nenhuma variável de *output*, visto que estes parâmetros são simulados automaticamente pelo programa.

Tabela 4.8 – Necessidades energéticas anuais para garantir as temperaturas de conforto para cada vidro

Vidro	Necessidades energéticas anuais [kWh/ano]			Total
	Aquecimento	Arrefecimento	Ventiladores	
Climalit	916,67	1244,44	847,22	3008,33
GuardianSun	1169,44	616,67	586,11	2372,22
Climaguard P	947,22	927,78	686,11	2561,11

Através da Tabela 4.8 é possível observar as diferentes necessidades energéticas para os 3 tipos de vidros em estudo. O caso em que é necessário um maior gasto energético em climatização é o Climalit. Tal já era expectável, pois comparando com a Figura 4.34 e Figura 4.35, é o vidro que apresenta os maiores valores de ganho e de perda de calor. No entanto, realça-se o facto de este ser o vidro que apresenta um menor gasto energético anual em aquecimento. Apesar de registar o maior valor de perdas, a diferença para os restantes não é tão significativa como no ganho, pois devido à sua forte capacidade de permitir a transmissão de radiação solar para o espaço, permite obter temperaturas perto das de conforto no inverno, reduzindo as necessidades de aquecimento.

Seguindo o mesmo princípio, se o Climalit devido à sua forte capacidade de permitir o ganho de calor apresenta um bom desempenho no inverno, o GuardianSun, com a sua reduzida capacidade de permitir ganho de calor, é um vidro pouco eficaz na estação de aquecimento, mas bastante eficaz na estação de arrefecimento. A análise aos resultados apresenta o GuardianSun como a solução que permite um menor gasto energético total.

Por fim, o vidro Climaguard P é a solução que apresenta, aproximadamente as mesmas necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento. No entanto, apesar de apresentar necessidades energéticas aproximadas, é o vidro que apresenta o segundo maior consumo energético total anual.

### 4.5.3. Estudo de análise económica das diferentes soluções

Foi realizado um estudo de análise económica para comparar os custos de investimento e de exploração ao longo de 20 anos (tempo de vida útil de um sistema de climatização), considerando 2 cenários distintos. No primeiro cenário, considerou-se que se trataria de uma instalação nova e, portanto, foram contabilizados os custos de investimento e de exploração das 3 superfícies envidraçadas. No segundo cenário, considerou-se que se trataria da análise económica para equacionar a substituição da solução Climalit, por uma das outras soluções em análise.

Recorreu-se ao site da Pordata [97] para analisar o preço da eletricidade, onde se observou que, em 2021, foi de 0,2089 [€/kWh]. Desta forma, através da equação (4.2), obtém-se os seguintes custos de exploração, tal como é visível na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Custo de exploração anual e mensal de cada vidro

Vidro	Custo de exploração	
	[€/ano]	[€/mês]
Climalit	628,44	52,37
GuardianSun	495,56	41,30
Climaguard P	535,02	44,58

Tendo o custo de exploração anual e o investimento inicial de cada solução de superfície envidraçada (Tabela 4.7), foram contabilizados os custos acumulados ao longo de 20 anos para todas as soluções, que se apresentam na Figura 4.37 e na Figura 4.38.

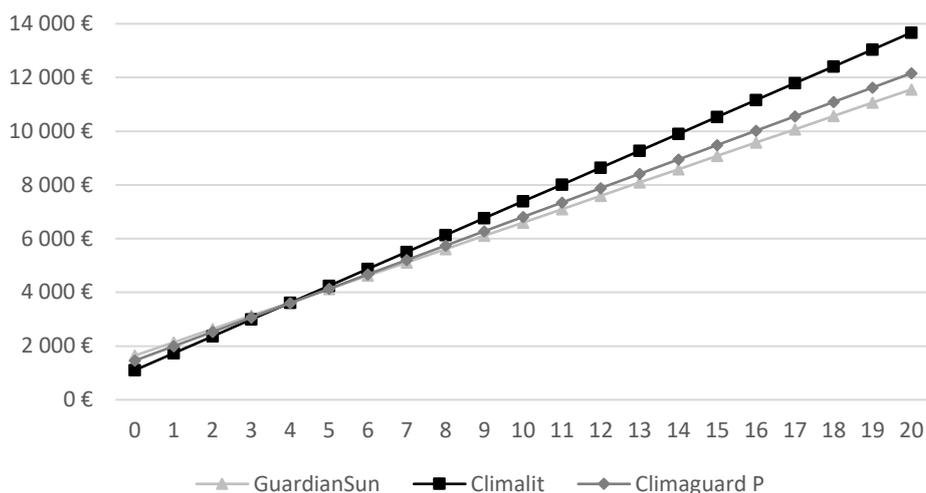


Figura 4.37 – Custo total investimento: implementação de raiz

Através da Figura 4.37 é possível observar o custo total do investimento durante 20 anos, para as diferentes superfícies envidraçadas. Apesar do investimento inicial do GuardianSun e do Climaguard P serem mais elevados que o do Climalit, o baixo custo de exploração destes, permite que ao fim de 5 e 4 anos, respetivamente, o custo total de investimento dos 3 vidros sejam iguais. Este período, conhecido como período de retorno, é o que permite recuperar a diferença do investimento inicial face ao investimento inicial mais baixo: o Climalit.

Analisando o custo total ao fim de 20 anos (investimento inicial mais o custo de exploração), observa-se que o GuardianSun é a solução mais económica, seguida pelo Climaguard P. Comparando a solução mais dispendiosa (Climalit) com o GuardianSun verifica-se que é possível poupar 2114,45 € ao fim de 20 anos, correspondendo a 100,69 €/mês. Fazendo a comparação entre o Climalit e o Climaguard P, verifica-se uma poupança de 1511,87 €, correspondendo a 71,99 €/mês. Desta forma, apesar de o investimento do GuardianSun ser mais alto que o Climaguard P, o baixo custo de exploração permite poupar 602,58€ ao fim de 20 anos.

Este estudo foi realizado com o pressuposto de que o preço da eletricidade se manteria constante ao longo dos anos. Recorrendo ao site da Pordata [97], observa-se que o preço da eletricidade tem apresentado uma tendência negativa nos últimos 5 anos, apresentando uma flutuação média de 2,32%. Neste sentido, consideram-se 2 possibilidades de flutuação de anual do preço da eletricidade:

- Se for assumida a tendência negativa de 2,32% no preço da eletricidade, a solução do GuardianSun será 1908,81€ mais barata, correspondendo a uma

diminuição de 16,5%, aproximadamente. Comparado com o Climalit, será ainda possível obter uma poupança de 1602,6€, correspondendo a uma diminuição de 24%, aproximadamente. Desta forma, não será possível recuperar os 1645,29 € investidos inicialmente com o GuardianSun ao fim de 20 anos;

- Se o preço tiver uma tendência positiva, tal como esperado, o custo total do GuardianSun irá aumentar 2521,86€, correspondente a um aumento de 22%, aproximadamente. Neste caso, a poupança irá ser de 2790,68€ face ao caso mais desfavorável, sendo possível recuperar os 1645,29€ do investimento inicial ao fim de 20 anos.

Como é possível observar, para a flutuação imposta, o GuardianSun continua a ser o vidro economicamente mais favorável dos 3 estudados. No primeiro caso, apesar de não ser possível recuperar o investimento inicial com a poupança obtida, a diferença entre estes é baixa, não sendo desta forma um caso crítico.

Relativamente ao segundo cenário em análise, a alteração do vidro da superfície envidraçada Climalit por uma das outras em análise, foi realizado sem ser contabilizado o custo de investimento na solução Climalit, por se tratar de uma instalação já existente e adquirida previamente. A Figura 4.38 apresenta os custos comparativos das 3 soluções de superfícies envidraçadas.

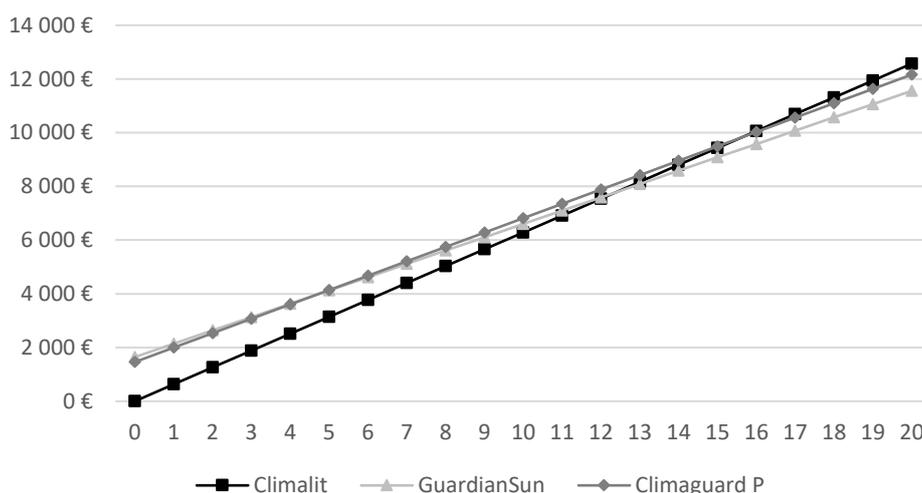


Figura 4.38 – Custo total investimento: substituição

Analisando os resultados da Figura 4.38 é possível visualizar que, no caso em que se pretende realizar a substituição do vidro já instalado, as diferenças ao fim de 20 anos já são mais reduzidas, fazendo com que os custos acumulados só sejam iguais ao fim de

13 anos com o GuardianSun e 16 anos com o Climaguard P, sendo esses os períodos de retorno de investimento pela alteração das superfícies envidraçadas.

Apesar do alto período de retorno, verifica-se que, ao fim de 20 anos, ainda é possível obter uma poupança de 1012,39€ com o GuardianSun e de 409,81€ com o Climaguard P, face ao Climalit. Comparando este cenário com o primeiro, referente à instalação nova, o investimento da alteração das superfícies envidraçadas não é tão vantajoso economicamente.

Se forem consideradas as mesmas flutuações do preço da eletricidade do primeiro cenário, as variações do custo total serão da mesma grandeza percentual. No entanto, a poupança obtida do melhor vidro (GuardianSun) comparado com o Climalit, irão ser:

- Se o preço permanecer com uma tendência negativa será possível obter uma poupança de 500,53€, ao fim de 20 anos, ou seja, a poupança obtida irá ser 50% menor, aproximadamente, face ao caso em que o preço se mantém constante. Neste caso, apenas é possível recuperar 30% do investimento inicial;
- Se o preço tiver uma tendência positiva, regista-se um valor de 1688,61€, ou seja, aumentava 67% face ao caso do preço constante.

Com a tendência do preço negativa, será possível obter uma poupança igual a 500€ com a alteração do Climatic para o GuardianSun. Desta forma, o investimento não se torna economicamente vantajoso. Contudo, verifica-se que, no caso do aumento do preço, seria possível recuperar na totalidade o investimento inicial, tornando-se, desta forma, um investimento economicamente vantajoso dentro dos 3 apresentados.

No entanto, existem outros aspetos a ter em conta na alteração das superfícies envidraçadas além da análise económica, sendo o conforto um dos mais importantes.

O conforto gerado por um ar condicionado não é igual ao gerado por uma boa envolvente. Se observarmos a Figura 4.34 e Figura 4.35, correspondente aos ganhos e perdas no verão e no inverno de cada vidro, o Climalit é o que apresenta maiores ganhos e perdas em ambos os casos. Por outro lado, o GuardianSun, é aquele que mais impede as perdas e ganhos térmicos. Na Figura 4.39 é possível observar o contributo que cada um tem na temperatura interior média horária para os meses de projeto (janeiro e agosto), quando o edifício não se encontra climatizado.

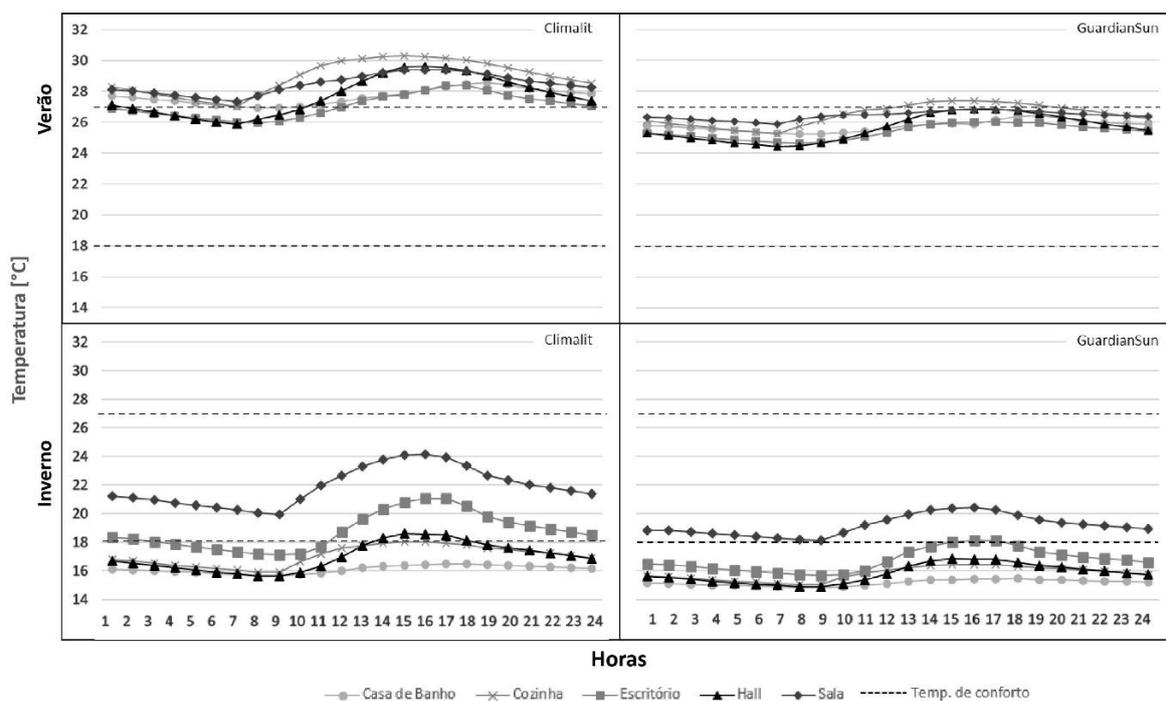


Figura 4.39 – Temperatura média horária nos espaços: Climalit vs GuardianSun

Analisando a Figura 4.39, observa-se que a diferença de temperaturas entre espaços é menor com o GuardianSun, tanto no verão como no inverno. Desta forma, o edifício irá apresentar uma temperatura quase homogénea, não havendo grandes diferenciais térmicos entre os espaços.

No verão, observa-se que, ao contrário do Climalit em que apresenta uma temperatura média horária superior à de conforto em todos os espaços, o GuardianSun permite que estejam todos dentro da temperatura de conforto, limitando o uso de climatização.

No inverno, observa-se que o alto fator solar do Climalit permite obter uma maior temperatura. No entanto, o insuficiente isolamento térmico permite uma grande variação de temperatura no espaço, registando-se diferenças menores ou iguais a 5 °C. No caso do GuardianSun, apesar de apresentar grande parte dos espaços com temperaturas médias horárias fora dos parâmetros de conforto, a boa capacidade de isolamento térmico faz com que a oscilação em cada espaço apresente uma variação máxima de 2 °C, aproximadamente.

Desta forma, num edifício com as superfícies envidraçadas sem a presença de estores e com o objetivo de se obter um equilíbrio de conforto e económico, o GuardianSun seria uma boa escolha.

*Esta página foi deixada em branco propositadamente*  
*This page was left in blank intentionally*

## 5. Conclusões e desenvolvimentos futuros

### 5.1. Conclusões

Esta dissertação analisou a influência das superfícies envidraçadas nos ganhos térmicos dos edifícios, usando-se, como caso de estudo, uma moradia unifamiliar localizada no concelho de Mafra, distrito de Lisboa. Esta moradia tem superfícies envidraçadas nas várias direções e elementos construtivos que permitem fazer sombreamento em algumas horas do dia ou ano.

Os estudos foram realizados com recurso à simulação dinâmica, utilizando como motor de cálculo o programa *EnergyPlus*. A moradia foi modelada em 3D com recurso ao programa *SketchUp*. Neste processo, foram incluídas todas as superfícies opacas e envidraçadas, pisos e coberturas da moradia e definidos os espaços a simular. O modelo energético foi desenvolvido no programa *OpenStudio*, tendo sido definidas as características térmicas dos elementos construtivos, as cargas térmicas existentes no edifício devido a iluminação e pessoas, e os sistemas de AVAC a utilizar para a análise económica. As simulações realizadas no programa *EnergyPlus* pretenderam analisar a influência que das principais características das superfícies envidraçadas, nomeadamente o coeficiente de transmissão térmica (U) e fator solar (SHG). Os estudos consideraram diferentes valores de U, SHG e orientações, variando cada parâmetro individualmente, de modo a avaliar a influência que cada um tem no comportamento térmico do edifício.

Assim, foi realizado um estudo para analisar o efeito que o U tem no comportamento térmico do edifício considerando diferentes valores: 5,7; 5,2; 1,4 e 1,3 W/m<sup>2</sup>.°C, para um alto (0,78) e baixo fator solar (0,23). Os resultados permitiram concluir que os vidros com U = 1,3 W/m<sup>2</sup>.°C são mais benéficos para o comportamento térmico da moradia. Estes vidros permitem reduzir os ganhos no verão, obtendo-se a maior diminuição dos ganhos energéticos numa superfície envidraçada orientada a Sul. Em contrapartida, estes vidros apresentam uma influência negativa nos ganhos solares no inverno mas, mesmo assim, permitem que as perdas diminuam pelo menos 50%, tornando-se benéfico para um menor diferencial térmico no espaço. Foi ainda possível observar que uma superfície envidraçada orientada a Sul permite um aumento de 85% dos ganhos no inverno face ao verão, reduzindo as necessidades de aquecimento.

Foram realizadas simulações para analisar a influência do fator solar. Consideraram-se fatores SHG = {0,61; 0,47; 0,35 e 0,23}, mantendo-se um coeficiente de transmissão térmica de  $2,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . Os resultados da simulação permitiram concluir que existe um melhor comportamento térmico do edifício com o fator solar igual a 0,35. Foi ainda possível analisar que a diminuição do SHG permite uma redução de, pelo menos, 70% do ganho de calor no verão, o que se traduz uma redução nas necessidades de arrefecimento, evitando o sobreaquecimento dos espaços e, conseqüentemente, o desconforto térmico nas pessoas e o aumento da necessidade de arrefecimento. Por outro lado, a utilização de vidros com SHG = 0,35 reduz, pelo menos, 55% do fluxo de calor máximo no inverno em relação ao verão, tornando-se desfavorável. Os resultados de simulação permitiram concluir que, quanto menor é o SHG, menor é o ganho no inverno.

A análise do efeito que os elementos construtivos presentes no edifício apresentam nas trocas térmicas permitiu concluir que se torna vantajoso possuir elementos construtivos horizontais nas superfícies envidraçadas orientadas a Sul e Este. Foi possível observar que estas apresentam uma redução do ganho no verão de 69% e 62%, respetivamente. Em contrapartida, observou-se que um elemento construtivo vertical numa superfície envidraçada a Este apresenta apenas influência no inverno. Esta influência é bastante negativa, visto que nesta altura do ano os ganhos de calor são bastante benéficos para reduzir as necessidades de aquecimento.

O modelo da moradia foi implementado no programa Carrier HAP com o objetivo de comparar as cargas térmicas com um programa de simulação dinâmica amplamente utilizado no mercado. Desta análise foi possível concluir que, devido aos diferentes métodos de cálculo e considerações aplicadas por cada programa, o resultado das simulações diferem. O cálculo do *OpenStudio* é realizado com a variação das variáveis interiores e exteriores, de forma dinâmica ao longo do tempo, permitindo estudar e visualizar o comportamento térmico nos espaços ao longo do dia. No HAP consegue obter-se um dimensionamento do sistema AVAC através de uma modelação mais simples e rápida.

Como além do conforto térmico também é importante ter em conta os gastos despendidos, foi realizada uma análise económica a 3 vidros, com características diferentes, existentes no mercado. Os resultados permitiram concluir que, apesar da solução de vidro duplo GuardianSun ter um investimento inicial mais elevado

(1645,29 €), apresenta o menor custo de exploração (495,56 €/ano), tornando-se a mais económica.

No cenário em que se estudou a implementação de raiz e comparando com Climalit, o GuardianSun terá um período de retorno de 5 anos e será possível obter uma poupança de 2114,45 € ao fim de 20 anos. Verificou-se que, se a tendência do preço da eletricidade for tida em conta, em ambos os casos, é possível recuperar o investimento realizado.

Na análise da substituição da solução instalada na moradia (Climalit), pelo GuardianSun, verificou-se que o período de retorno aumentou para os 13 anos, sendo possível obter uma poupança de 1012,39 € ao fim de 20. No entanto, quando analisado o contributo do GuardianSun na temperatura interior, verificou-se que o diferencial térmico é menor face ao Climalit, obtendo-se uma temperatura quase homogénea no edifício. Assim, e com o objetivo de se obter um equilíbrio económico e de conforto, concluiu-se que o GuardianSun seria uma boa escolha.

No entanto, esta escolha não teve em conta a presença de estores, a possível “barreira” à perda de calor noturna ou ao aumento dos ganhos no período de altas temperaturas não foi tida em conta. A adição deste elemento nas superfícies envidraçadas poderá melhorar o conforto térmico e reduzir os custos na energia do sistema de climatização. Além disto, foi considerado que as portas interiores estão sempre fechadas. Desta forma, constitui uma “barreira” à troca de calor entre espaços. No caso em que apenas existam alguns espaços com temperaturas fora da zona de conforto, a abertura das portas interiores poderá levar a uma homogeneização da temperatura e reduzir as necessidades de climatização.

## **5.2.Desenvolvimentos futuros**

Na sequência do trabalho descrito são apresentadas algumas propostas de desenvolvimentos futuros que podem complementar e dar continuidade a esta dissertação de mestrado.

Tendo em conta que o presente trabalho se focou apenas nas superfícies envidraças, propõe-se a realização de uma análise no comportamento térmico e económico do edifício com a presença de estores.

Propõe-se estudar o efeito da abertura e fecho dos estores, parcial ou total, em determinadas horas do dia. Esta análise pode ser considerada no desenvolvimento de um

sistema que controle a abertura e o fecho dos estores automaticamente, garantindo as condições de temperatura, conforto térmico e luminosidade adequadas.

## Referências

- [1] “BCSD Portugal - Manual de boas práticas de eficiência energética,” 2005.
- [2] “Balanço Energético Sintético 2019,” Direção Geral de Energia e Geologia. [Online]. [Acedido em 10 09 2020].
- [3] “Balanço Energético Sintético 2020,” Direção Geral de Energia e Geologia. [Online]. [Acedido em 29 12 2020].
- [4] “Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE),” *Diário da República*, n° 80, pp. 2468-2513, 2006.
- [5] “Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações”.*Decreto-Lei nº79/2006 de 4 de Abril*.
- [6] “Ministério da Economia e da Inovação”.*Decreto-Lei nº78/2006 de 4 de Abril*.
- [7] “Check-up: Como manter a sua casa eficiente,” EDP Comercial, [Online]. Available: <https://www.edp.pt/particulares/content-hub/check-up-como-manter-a-sua-casa-eficiente/>. [Acedido em 29 12 2020].
- [8] M. Taleghani, M. Tenpierik, S. Kurvers e A. v. d. Dobbelsteen, “A review into thermal comfort in buildings,” *Elsevier*, vol. 26, pp. 201-215, 2013.
- [9] E. L. Kru e P. H. T. Zannin, “Acoustic, thermal and luminous comfort in classrooms,” *Building and Environment*, vol. 39, n° 9, pp. 1055-1063, 2004.
- [10] H. Nilsson e I. Holmér, *Comfort climate evaluation with thermal manikin methods and computer simulation models*, 2003.
- [11] G. Lamberti, “Thermal comfort in the built environment: Current solutions and future expectations,” *Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2020*, 2020.
- [12] C. Suárez, A. Iranzo, J. A. Salva, E. Tapia, G. Barea e J. Guerra, “Parametric investigation using computational fluid dynamics of the HVAC air distribution in a railway vehicle for representative weather and operating conditions,” *Energies*, vol. 10, n° 8, 2017.
- [13] N. Gkikas, *Automotive Ergonomics - Driver-Vehicle Interaction*, CRC Press, 2013.
- [14] E. Arens e Z. Hui, *The skin's role in human thermoregulation and comfort*, 2006.
- [15] “Thermal Comfort,” em *ASHRAE handbook Fundamentals*, 2009, pp. 9.1-9.30.
- [16] F. R. d. Alfano, B. W. Olesen e B. I. Palella, “Povl Ole Fanger's impact ten years later,” *Energy and Buildings*, vol. 152, pp. 243-249, 2017.
- [17] M. Abdallah, M. Golparvar-Fard e C. Clevenger, “Developing a Thermal Comfort Report Card for Building,” *Procedia Engineering*, vol. 118, pp. 675-682, 2015.
- [18] V. Candás, “The thermal environment and its effects on human,” *Seminar*, pp. 71-82, 1999.
- [19] J. M. Devonshire e J. R. Sayer, “The effects of infrared-reflective and antireflective glazing on thermal comfort and visual performance: a literature review,” *Control*, pp. 17-20, 2002.
- [20] M. Mathew, V. P. F. Ali, M. K. Yasir e K. Shibliyas, “Occupant comfort analysis of an educational building located in warm-humid tropical climate,” 2017

- Innovations in Power and Advanced Computing Technologies, i-PACT 2017*, pp. 1-5, 2017.
- [21] B. M. Shamsul, C. C. Sia, Y. G. Ng e K. Karmegan, “Effects of Light’s Colour Temperatures on Visual Comfort Level, Task Performances, and Alertness among Students,” *American Journal of Public Health Research*, vol. 1, nº 7, pp. 159-165, 2013.
- [22] M. Mohsenin e J. Hu, “Assessing daylight performance in atrium buildings by using Climate Based Daylight Modeling,” *Solar Energy*, vol. 119, pp. 553-560, 2015.
- [23] T. Kazanasmaz, L. O. Grobe, C. Bauer, M. Krehel e S. Wittkopf, “Three approaches to optimize optical properties and size of a South-facing window for spatial Daylight Autonomy,” *Building and Environment*, vol. 102, pp. 243-256, 2016.
- [24] J. Shaeri, A. Habibi, M. Yaghoubi e A. Chokhachian, “The optimum window-to-wall ratio in office buildings for hot-humid, hot-dry, and cold climates in Iran,” *Environments - MDPI*, vol. 6, nº 4, 2019.
- [25] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comun, “Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro,” *Aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*, pp. 490 - 504, 06 02 1990.
- [26] D. Y. Goswami, *Principles of Solar Engineering*, 2015.
- [27] L. Roriz, J. Rosendo, F. Lourenço e K. Calhau, *Energia Solar em Edifícios*, Orion, 2010.
- [28] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman e A. S. Lavine, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, USA: John Wiley & Sons, 2007.
- [29] “The Engineering ToolBox,” *Conductive Heat Transfer*, [Online]. Available: [https://www.engineeringtoolbox.com/conductive-heat-transfer-d\\_428.html](https://www.engineeringtoolbox.com/conductive-heat-transfer-d_428.html). [Acedido em 07 08 2020].
- [30] “The Engineering ToolBox,” *Thermal Conductivity of selected Materials and Gases*, [Online]. Available: [https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d\\_429.html](https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html). [Acedido em 07 08 2020].
- [31] J. H. Lienhard IV e J. H. Lienhard V, *A Heat Transfer Textbook*, Massachusetts, USA: Cambridge, 2001.
- [32] “Radiation Heat Transfer,” *ScienceDirect*, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/radiation-heat-transfer>. [Acedido em 08 04 2022].
- [33] M. A. Varejão-Silva, *Meteorologia e Climatologia*, 2006.
- [34] J. A. Duffie e W. A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2013.
- [35] F. Moita, *Energia Solar Passiva*, Lisboa: Imprensa Nacional - Casa da Moeda, 1987.
- [36] S. A. Kalogirou, *Solar Energy Engineering - Processes and Systems*, 2014.
- [37] H. Gonçalves e J. M. Graça, *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*, Lisboa, 2004.
- [38] F. J. C. Ramalheira, *Manual de boas práticas de escolha de vãos envidraçados - Exigências Funcionais de Vãos Envidraçados*, Porto, 2004.
- [39] F. S. Westphal, *Manual Técnico do Vidro Plano para Edificações*, São Paulo, 2016.

- [40] “VITROCHAVES - Indústria de vidro S.A.,” [Online]. Available: <http://www.vitrochaves.com/?p=487&lang=pt>. [Acedido em 28 08 2020].
- [41] “ScreenLine,” [Online]. Available: <http://www.screenline.com.br/comportamento-energetico.php>. [Acedido em 28 08 2020].
- [42] D. L. Marinoski, S. Güths, F. O. Pereira e R. Lamberts, “Improvement of a measurement system for solar heat gain through fenestrations,” *Energy and Buildings*, vol. 39, n° 4, pp. 478-487, 2007.
- [43] “Window Technologies: Glazing Types,” Efficient Windows, [Online]. Available: <https://www.efficientwindows.org/gtypes/>. [Acedido em 22 09 2020].
- [44] “Window Technologies: Gas Fills,” Efficient Windows Collaborative, [Online]. Available: <https://www.efficientwindows.org/gasfills.php>. [Acedido em 24 09 2020].
- [45] “Vidro duplo ou insulado: conheça as vantagens,” JOB Home Service, 01 10 2018. [Online]. Available: <https://www.jobhomeservice.pt/blog/vidro-duplo-vidro-insulado-vantagens/>. [Acedido em 03 02 2022].
- [46] J. F. d. C. Sirgado, “Análise do impacte dos vãos envidraçados no desempenho térmico dos edifícios,” Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2010.
- [47] Guardian Sun, “Chegou a nova geração de vidro de alta tecnologia,” [Online].
- [48] Monteiro, “Vidro duplo de isolamento térmico reforçado,” [Online].
- [49] A. J. V. Marcos, “Vãos Envidraçados em Edifícios de Habitação: Otimização, Eficiência Energética e Análise Económica,” Porto, 2013.
- [50] J. M. E. Chaves, “A Influência do Tipo de Envidraçados e da Inércia Térmica dos Materiais na Prevenção de Situações de Sobreaquecimento no Verão,” Madeira, 2014.
- [51] C. A. P. dos Santos e L. Matias, *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*, Lisboa: LNEC - ITE 50, 2006.
- [52] J. Brito, “Caixilharias,” 2005.
- [53] “Sistemas de Caixilharia,” Monteiro, [Online]. Available: <https://www.monteiros.pt/tag/sistemas-de-caixilharia/>. [Acedido em 28 10 2020].
- [54] “Caixilharia em PVC,” OriginalPerfil, [Online]. Available: <https://www.originalperfil.pt/pt/materiais/pvc>. [Acedido em 30 10 2020].
- [55] I. A. M. A. Costa, “Estudo da Durabilidade de Caixilharias,” Porto, 2013.
- [56] “Isolamento Térmico,” Technal, [Online]. Available: <https://www.technal.com/pt/pt/Particulares/O-que-necessita/Isolamento-Termico/>. [Acedido em 03 11 2020].
- [57] “Séries de Batente,” SAF, [Online]. Available: <http://www.aluminiosfilipe.com/produtos.php>. [Acedido em 07 11 2020].
- [58] G. S. Forte, “Elementos de sombreamento,” 2019.
- [59] M. S. d. J. Palhinha, “Sistemas de Sombreamento em Arquitetura: Proposta de um novo método de conceção e dimensionamento,” Lisboa, 2009.
- [60] “Tipos de proteção solar,” projeteee, [Online]. Available: <http://www.mme.gov.br/projeteee/implementacao/tipos-de-protacao-solar/>. [Acedido em 26 01 2022].

- [61] E. Lee, S. Selkowitz, V. Bazjanac, V. Inkarojrit e C. Kohler, *High-Performance Commercial Building Facades*, California, 2002.
- [62] S. R. Hastings e R. W. Crenshaw, *Window Design Strategies to Conserve Energy*, Washington, 1977.
- [63] F. Hernden, “Roof Overhangs, Are They Important?,” 2015. [Online]. Available: <https://activerain.com/blogsvievw/4785173/roof-overhangs--are-they-important->. [Acedido em 12 12 2020].
- [64] SuperHomes, [Online]. Available: <http://www.superhomes.org.uk/resources/energy-efficient-windows/attachment/light-shelves/>. [Acedido em 12 12 2020].
- [65] “Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto (desempenho energético dos edifícios),” *Diário da República*, vol. 159, pp. 4988-5005, 2013.
- [66] “Qualified Software for Calculating Commercial Building Tax Deductions,” Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/buildings/qualified-software-calculating-commercial-building-tax-deductions>. [Acedido em 30 01 2022].
- [67] U. D. o. Energy, “EnergyPlus,” 2020. [Online]. Available: <https://energyplus.net/>. [Acedido em 28 08 2021].
- [68] L. Berkeley e O. Ridge, “EnergyPlus Essentials,” p. 57, 30 março 2021.
- [69] Carrier, *Hourly Analysis Program - Quick Reference Guide*, 2016.
- [70] “EnergyPlus,” Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/buildings/downloads/energyplus-0>. [Acedido em 23 09 2021].
- [71] A. f. S. Energy, “OpenStudio,” 2020. [Online]. Available: <https://www.openstudio.net/>. [Acedido em 28 08 2021].
- [72] “DesignBuilder Software,” Outubro 2009. [Online]. Available: [http://www.designbuildersoftware.com/docs/designbuilder/DesignBuilder\\_2.1\\_Users-Manual\\_Ltr.pdf](http://www.designbuildersoftware.com/docs/designbuilder/DesignBuilder_2.1_Users-Manual_Ltr.pdf). [Acedido em 23 09 2021].
- [73] “Produtos - SOFTLINE Batente VEKA 70MM,” Isopvc - Sistemas de Caixilharia, Lda, [Online]. Available: [https://www.isopvc.com/janelas\\_pvc\\_Softline\\_Batente\\_VEKA\\_70mm.html](https://www.isopvc.com/janelas_pvc_Softline_Batente_VEKA_70mm.html). [Acedido em 25 01 2022].
- [74] T. E. ToolBox, “Metabolic Heat Gain from Persons,” 2004. [Online]. Available: [https://www.engineeringtoolbox.com/metabolic-heat-persons-d\\_706.html](https://www.engineeringtoolbox.com/metabolic-heat-persons-d_706.html). [Acedido em 30 08 2021].
- [75] “Lighting Power Densities Using Space-by-Space Method,” em *ASHRAE Standard 90.1*, 2010.
- [76] D. d. República, “Portaria n.º 349-B/2013 - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)—Requisitos de conceção para edificios novos e intervenções,” *Diário da República N.º 232, 1.ª série*, vol. 11, nº 29, pp. 18-29, 2013.
- [77] “Global Geometry Rules,” Big Ladder, [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/9-1/input-output-reference/group-thermal-zone-description-geometry.html#globalgeometryrules>. [Acedido em 29 01 2022].

- [78] “Group – Surface Construction Elements,” Big Ladder, 2017. [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-7/input-output-reference/group-surface-construction-elements.html#field-roughness-000>. [Acedido em 21 01 2022].
- [79] “Outside Surface Heat Balance,” Big Ladder, 2018. [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-5/engineering-reference/outside-surface-heat-balance.html>. [Acedido em 20 01 2022].
- [80] “Emissivity Coefficients common Products,” Engineering ToolBox, 2003. [Online]. Available: [https://www.engineeringtoolbox.com/emissivity-coefficients-d\\_447.html](https://www.engineeringtoolbox.com/emissivity-coefficients-d_447.html). [Acedido em 24 05 2021].
- [81] “Absorbed Solar Radiation,” Engineering ToolBox, 2009. [Online]. Available: [https://www.engineeringtoolbox.com/solar-radiation-absorbed-materials-d\\_1568.html](https://www.engineeringtoolbox.com/solar-radiation-absorbed-materials-d_1568.html). [Acedido em 24 05 2021].
- [82] “Surface Output Variables/Reports,” BigLadder, [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/9-1/input-output-reference/group-thermal-zone-description-geometry.html#surface-output-variablesreports>. [Acedido em 29 01 2022].
- [83] INMG, Normais Climatológicas de Portugal Continental, 1991.
- [84] S. Grynning, A. Gustavsen, B. Time e B. P. Jelle, “Windows in the buildings of tomorrow: Energy losers or energy gainers?,” *Energy and Buildings*, vol. 61, pp. 185-192, 2013.
- [85] A. Aldawoud, “Conventional fixed shading devices in comparison to an electrochromic glazing system in hot, dry climate,” *Energy and Buildings*, vol. 59, pp. 104-110, 2013.
- [86] “Psychrometric Analysis,” Hands Down Software, 2011 - Versão 7.5.0.
- [87] M. S. Rocha, “Radiação solar global em Portugal Continental,” *Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica*, vol. 4, nº 3, 1981.
- [88] “Group – Thermal Zone Description/Geometry,” BigLadder Software, [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-4/input-output-reference/group-thermal-zone-description-geometry.html#surface-average-face-conduction-heat-gain-rate-w>. [Acedido em 06 01 2022].
- [89] Carrier HAP, “Wall and Roof Load Calculations (Cooling, Simulation),” 2012.
- [90] “Inside Heat Balance,” Big Ladder, 2018. [Online]. Available: <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/9-2/engineering-reference/inside-heat-balance.html>. [Acedido em 20 01 2022].
- [91] Carrier HAP, “Principles of the Transfer Function Load Method,” 2012.
- [92] D. B. Crawley, J. W. Hand , M. Kummert e B. T. Griffith, “Contrasting the Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs,” *Building and Environment*, vol. 43, nº 4, pp. 661-673, 2008.
- [93] “Guardian Select,” [Online]. Available: [https://www.guardiansselect.es/wp-content/uploads/2020/10/201006-Catalogo-GUARDIAN\\_SELECT-\\_PT.pdf](https://www.guardiansselect.es/wp-content/uploads/2020/10/201006-Catalogo-GUARDIAN_SELECT-_PT.pdf). [Acedido em 12 10 2021].
- [94] “CalumenLive,” Saint-Gobain, [Online]. Available: <https://calumenlive.com/pt/home>. [Acedido em 10 09 2021].

- [95] “Glass Analytics,” Guardian Glass, [Online]. Available: <https://www.guardianglass.com/eu/pt/tools-and-resources/tools/glass-analytics>. [Acedido em 10 09 2021].
- [96] “Certificação Energética dos Edifícios,” 13 03 2020. [Online]. Available: [https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2020/04/4.5-Guia-SCE-Medidas-Melhoria-REH\\_V1.pdf](https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2020/04/4.5-Guia-SCE-Medidas-Melhoria-REH_V1.pdf). [Acedido em 13 10 2021].
- [97] “Pordata,” Eurostat, 04 10 2021. [Online]. Available: [https://www.pordata.pt/Europa/Pre%c3%a7os+da+electricidade+para+utilizadores+dom%c3%a9sticos+e+industriais+\(Euro+ECU\)-1477](https://www.pordata.pt/Europa/Pre%c3%a7os+da+electricidade+para+utilizadores+dom%c3%a9sticos+e+industriais+(Euro+ECU)-1477). [Acedido em 05 01 2022].

## Anexos

### Estudo do efeito do coeficiente de transmissão térmica (SHG = 0,23)

#### Sala

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]							
	U = 5,7				U = 5,2			
	08/ago		18/jan		08/ago		18/jan	
	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul
01:00:00	-11,837	-12,263	-19,297	-19,515	-11,120	-11,513	-18,525	-18,726
02:00:00	-13,957	-14,424	-22,152	-22,444	-13,130	-13,559	-21,247	-21,517
03:00:00	-16,228	-16,746	-22,813	-23,092	-15,282	-15,759	-21,870	-22,126
04:00:00	-17,824	-18,365	-23,065	-23,301	-16,806	-17,304	-22,116	-22,331
05:00:00	-18,801	-19,348	-23,711	-23,950	-17,753	-18,257	-22,735	-22,953
06:00:00	13,142	-18,964	-24,104	-24,344	13,439	-17,869	-23,112	-23,331
07:00:00	125,068	-13,562	-25,377	-25,695	122,844	-12,562	-24,337	-24,631
08:00:00	148,159	-7,830	-14,835	-20,105	145,711	-6,942	-14,169	-19,298
09:00:00	154,007	2,208	61,495	32,672	151,332	2,203	59,842	31,577
10:00:00	139,456	24,658	71,372	70,397	136,481	23,009	69,207	68,174
11:00:00	106,513	55,238	57,416	100,816	103,658	52,695	55,398	97,787
12:00:00	56,192	79,579	28,046	121,638	53,500	76,511	26,442	118,029
13:00:00	25,555	88,626	6,962	127,540	24,984	85,363	6,771	123,717
14:00:00	26,877	83,694	3,527	115,635	26,258	80,453	3,573	112,190
15:00:00	25,453	66,532	0,618	91,999	24,836	63,362	0,780	89,251
16:00:00	21,504	41,099	-4,090	57,143	21,038	38,561	-3,773	55,392
17:00:00	16,401	19,388	-10,307	14,370	16,094	18,348	-9,781	13,991
18:00:00	9,864	9,740	-14,479	-12,731	9,729	9,618	-13,829	-12,145
19:00:00	2,337	1,970	-14,771	-15,059	2,422	2,084	-14,127	-14,395
20:00:00	-2,879	-3,407	-14,955	-15,173	-2,604	-3,095	-14,309	-14,511
21:00:00	-5,009	-5,548	-16,183	-16,400	-4,621	-5,121	-15,484	-15,685
22:00:00	-7,459	-8,005	-17,547	-17,762	-6,949	-7,456	-16,787	-16,985
23:00:00	-9,714	-10,265	-19,049	-19,266	-9,078	-9,587	-18,221	-18,420
00:00:00	-11,963	-12,510	-20,412	-20,633	-11,201	-11,706	-19,522	-19,725

**(continuação)**

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
U = 1,4					U = 1,3			
08/ago			18/jan		08/ago		18/jan	
	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul
01:00:00	-4,342	-4,446	-8,819	-8,873	-4,106	-4,203	-8,386	-8,437
02:00:00	-5,098	-5,212	-9,994	-10,078	-4,816	-4,919	-9,502	-9,581
03:00:00	-5,934	-6,061	-10,238	-10,325	-5,603	-5,720	-9,740	-9,813
04:00:00	-6,566	-6,698	-10,331	-10,383	-6,198	-6,320	-9,814	-9,862
05:00:00	-7,012	-7,147	-10,601	-10,653	-6,620	-6,745	-10,070	-10,118
06:00:00	20,806	-6,596	-10,774	-10,826	21,169	-6,184	-10,234	-10,282
07:00:00	117,687	-1,638	-11,359	-11,448	117,918	-1,216	-10,793	-10,878
08:00:00	139,006	3,202	-3,656	-8,383	139,221	3,611	-3,136	-7,849
09:00:00	140,169	9,114	56,278	29,143	140,295	9,490	56,591	29,481
10:00:00	120,815	19,263	61,322	59,920	120,859	19,468	61,570	60,165
11:00:00	81,596	35,839	44,789	84,227	81,500	35,807	44,984	84,355
12:00:00	36,113	51,082	20,201	100,463	35,997	50,867	20,414	100,491
13:00:00	21,259	56,838	9,643	104,663	21,189	56,528	9,884	104,640
14:00:00	21,091	52,351	7,251	95,216	20,980	52,016	7,536	95,221
15:00:00	19,672	39,182	4,755	75,844	19,560	38,899	5,027	75,882
16:00:00	16,631	24,075	0,950	47,783	16,527	23,916	1,210	47,894
17:00:00	12,666	13,705	-3,781	14,249	12,578	13,638	-3,507	14,459
18:00:00	7,762	7,868	-6,631	-5,363	7,706	7,822	-6,310	-5,047
19:00:00	2,336	2,275	-6,883	-6,973	2,323	2,273	-6,560	-6,643
20:00:00	-0,949	-1,102	-6,907	-6,972	-0,908	-1,048	-6,586	-6,649
21:00:00	-1,798	-1,952	-7,400	-7,460	-1,716	-1,859	-7,045	-7,104
22:00:00	-2,679	-2,832	-7,944	-8,000	-2,544	-2,686	-7,558	-7,612
23:00:00	-3,479	-3,627	-8,541	-8,595	-3,295	-3,432	-8,121	-8,172
00:00:00	-4,259	-4,400	-9,087	-9,139	-4,026	-4,157	-8,637	-8,686

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]				
Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78)				
	08/ago		18/jan	
	Este	Sul	Este	Sul
01:00:00	-16,117	-16,335	-19,743	-19,847
02:00:00	-17,230	-17,466	-21,473	-21,619
03:00:00	-18,417	-18,677	-21,760	-21,889
04:00:00	-19,218	-19,489	-21,853	-21,958
05:00:00	-19,665	-19,939	-22,176	-22,281
06:00:00	70,990	-17,726	-22,339	-22,444
07:00:00	391,551	-0,475	-23,098	-23,254
08:00:00	461,931	15,990	0,858	-11,949
09:00:00	470,166	42,349	198,817	122,572
10:00:00	420,167	99,224	222,024	219,772
11:00:00	307,010	165,731	176,047	292,727
12:00:00	155,288	215,855	95,080	339,052
13:00:00	60,245	231,137	35,306	348,560
14:00:00	61,330	213,257	26,103	317,314
15:00:00	56,352	166,105	16,642	255,048
16:00:00	45,860	103,644	3,026	164,599
17:00:00	32,422	45,172	-12,301	52,508
18:00:00	15,935	16,618	-19,607	-14,663
19:00:00	-2,303	-2,249	-19,676	-19,825
20:00:00	-12,158	-12,437	-19,499	-19,604
21:00:00	-13,672	-13,973	-20,008	-20,113
22:00:00	-14,793	-15,096	-20,648	-20,750
23:00:00	-15,906	-16,203	-21,399	-21,501
00:00:00	-17,075	-17,361	-22,074	-22,176

## Sala – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]									
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3
01:00:00	31,180	26,021	26,024	26,475	26,513	19,655	14,898	14,973	16,368	16,445
02:00:00	30,986	25,894	25,903	26,410	26,450	19,473	14,751	14,831	16,281	16,361
03:00:00	30,782	25,743	25,759	26,332	26,374	19,320	14,646	14,729	16,213	16,294
04:00:00	30,582	25,597	25,620	26,250	26,294	19,185	14,567	14,653	16,158	16,240
05:00:00	30,388	25,460	25,488	26,167	26,213	19,042	14,474	14,562	16,095	16,178
06:00:00	30,267	25,403	25,432	26,133	26,180	18,903	14,384	14,475	16,032	16,115
07:00:00	30,787	25,887	25,902	26,452	26,500	18,752	14,273	14,367	15,957	16,042
08:00:00	31,351	26,235	26,243	26,718	26,768	18,674	14,240	14,333	15,920	16,005
09:00:00	31,906	26,504	26,497	26,894	26,941	19,871	15,220	15,268	16,438	16,515
10:00:00	32,600	26,807	26,768	27,002	27,045	21,260	16,078	16,090	16,982	17,057
11:00:00	33,339	27,236	27,170	27,137	27,175	22,453	16,779	16,767	17,424	17,495
12:00:00	33,981	27,630	27,547	27,290	27,322	23,490	17,325	17,295	17,784	17,853
13:00:00	34,418	27,895	27,807	27,449	27,478	24,269	17,700	17,660	18,063	18,130
14:00:00	34,762	28,073	27,978	27,544	27,571	24,780	17,861	17,817	18,205	18,271
15:00:00	34,837	28,055	27,953	27,507	27,532	24,945	17,798	17,758	18,199	18,265
16:00:00	34,651	27,829	27,727	27,389	27,416	24,725	17,496	17,466	18,040	18,106
17:00:00	34,250	27,528	27,447	27,286	27,314	24,001	16,905	16,901	17,708	17,775
18:00:00	33,834	27,330	27,272	27,213	27,242	23,149	16,351	16,373	17,388	17,458
19:00:00	33,463	27,160	27,113	27,137	27,166	22,636	16,109	16,142	17,239	17,311
20:00:00	33,131	27,019	26,981	27,078	27,108	22,335	16,027	16,063	17,190	17,262
21:00:00	32,880	26,928	26,898	27,049	27,080	22,080	15,938	15,979	17,144	17,217
22:00:00	32,669	26,845	26,821	27,028	27,061	21,852	15,851	15,896	17,095	17,170
23:00:00	32,470	26,749	26,732	27,001	27,035	21,635	15,756	15,805	17,041	17,116
00:00:00	32,270	26,646	26,636	26,965	27,001	21,425	15,657	15,710	16,983	17,059

**Hall**

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]									
U = 5,7					U = 5,2				
	08/ago		18/jan		08/ago		18/jan		
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	
01:00:00	-10,166	-13,427	-16,784	-21,608	-9,556	-12,659	-16,184	-20,835	
02:00:00	-12,224	-16,080	-19,604	-25,274	-11,508	-15,181	-18,877	-24,336	
03:00:00	-14,452	-18,944	-20,206	-26,024	-13,624	-17,904	-19,447	-25,045	
04:00:00	-16,028	-20,941	-20,420	-26,262	-15,136	-19,819	-19,658	-25,281	
05:00:00	-16,994	-22,166	-21,055	-27,074	-16,080	-21,008	-20,267	-26,061	
06:00:00	-9,102	-21,606	-21,443	-27,572	-8,417	-20,448	-20,642	-26,541	
07:00:00	7,139	-14,253	-22,750	-29,317	7,285	-13,216	-21,902	-28,221	
08:00:00	3,610	-5,479	-21,125	-21,836	3,579	-4,668	-20,349	-21,082	
09:00:00	3,697	8,514	-10,492	51,452	3,924	8,043	-10,159	49,432	
10:00:00	11,131	39,933	-1,969	104,337	11,232	36,970	-1,959	100,632	
11:00:00	18,798	82,305	4,298	145,434	18,559	78,112	4,073	140,582	
12:00:00	25,051	115,169	8,676	174,463	24,462	110,295	8,319	168,757	
13:00:00	28,655	126,822	10,685	182,288	27,873	121,757	10,228	176,295	
14:00:00	29,755	119,954	8,694	166,336	28,893	114,952	8,324	160,862	
15:00:00	28,047	95,765	5,734	133,072	27,189	90,915	5,504	128,605	
16:00:00	23,699	59,436	0,707	85,944	23,020	55,519	0,634	82,883	
17:00:00	18,317	29,318	-6,096	26,299	17,854	27,373	-5,904	25,260	
18:00:00	11,839	15,146	-10,787	-11,154	11,555	14,764	-10,420	-10,795	
19:00:00	4,488	4,773	-11,225	-14,509	4,363	4,741	-10,842	-14,017	
20:00:00	-0,681	-2,030	-11,359	-14,624	-0,604	-1,822	-10,971	-14,127	
21:00:00	-2,711	-4,444	-12,546	-16,148	-2,492	-4,118	-12,105	-15,582	
22:00:00	-5,144	-7,388	-13,851	-17,821	-4,804	-6,919	-13,352	-17,180	
23:00:00	-7,249	-10,008	-15,295	-19,672	-6,787	-9,396	-14,731	-18,948	
00:00:00	-9,327	-12,653	-16,610	-21,359	-8,747	-11,902	-15,987	-20,559	

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
U = 1,4					U = 1,3			
08/ago			18/jan		08/ago		18/jan	
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul
01:00:00	-3,829	-5,094	-8,147	-10,306	-3,628	-4,817	-7,767	-9,802
02:00:00	-4,565	-6,045	-9,332	-11,815	-4,313	-5,703	-8,892	-11,234
03:00:00	-5,395	-7,105	-9,578	-12,116	-5,100	-6,704	-9,125	-11,518
04:00:00	-6,042	-7,902	-9,649	-12,182	-5,710	-7,454	-9,185	-11,569
05:00:00	-6,518	-8,466	-9,923	-12,525	-6,161	-7,986	-9,445	-11,893
06:00:00	-0,685	-7,726	-10,102	-12,749	-0,341	-7,235	-9,615	-12,105
07:00:00	10,422	-0,970	-10,714	-13,545	10,741	-0,470	-10,201	-12,868
08:00:00	7,818	5,781	-9,934	-9,435	8,153	6,243	-9,447	-8,806
09:00:00	9,734	13,676	-3,006	41,933	10,015	14,082	-2,587	42,309
10:00:00	14,094	27,722	2,541	84,286	14,287	27,931	2,893	84,502
11:00:00	17,980	50,605	6,557	116,847	18,060	50,486	6,863	116,902
12:00:00	20,548	71,354	9,145	139,275	20,518	70,996	9,351	139,193
13:00:00	21,748	79,074	10,001	144,817	21,636	78,597	10,177	144,663
14:00:00	21,809	72,989	8,586	132,210	21,655	72,483	8,760	132,093
15:00:00	20,275	54,687	6,132	105,152	20,128	54,260	6,341	105,080
16:00:00	17,152	33,337	2,208	67,555	17,016	33,091	2,385	67,585
17:00:00	13,199	18,980	-2,681	21,471	13,078	18,869	-2,478	21,647
18:00:00	8,322	11,054	-5,609	-5,261	8,230	10,962	-5,352	-4,931
19:00:00	2,919	3,595	-5,882	-7,478	2,873	3,556	-5,626	-7,135
20:00:00	-0,337	-0,799	-5,912	-7,512	-0,333	-0,774	-5,668	-7,178
21:00:00	-1,149	-1,806	-6,379	-8,090	-1,110	-1,732	-6,104	-7,725
22:00:00	-2,014	-2,853	-6,896	-8,733	-1,923	-2,714	-6,589	-8,327
23:00:00	-2,753	-3,791	-7,472	-9,454	-2,616	-3,593	-7,132	-9,006
00:00:00	-3,467	-4,716	-8,003	-10,114	-3,281	-4,460	-7,629	-9,619

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]				
Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78)				
	08/ago		18/jan	
	Norte	Sul	Norte	Sul
01:00:00	-15,381	-19,760	-17,078	-21,819
02:00:00	-16,447	-21,161	-18,837	-24,095
03:00:00	-17,593	-22,671	-19,130	-24,453
04:00:00	-18,372	-23,685	-19,240	-24,575
05:00:00	-18,804	-24,251	-19,594	-25,026
06:00:00	4,469	-21,436	-19,792	-25,279
07:00:00	51,959	1,969	-20,612	-26,366
08:00:00	45,011	25,615	-18,607	-10,836
09:00:00	38,199	63,392	3,467	175,240
10:00:00	49,838	143,724	20,560	310,201
11:00:00	59,877	236,760	32,402	408,994
12:00:00	65,243	305,554	39,095	474,029
13:00:00	66,434	326,116	40,247	486,815
14:00:00	64,896	302,591	34,800	445,255
15:00:00	59,400	237,139	25,025	358,061
16:00:00	48,211	148,360	10,692	236,220
17:00:00	34,145	68,896	-5,852	81,903
18:00:00	17,438	25,160	-14,194	-11,095
19:00:00	0,140	-0,251	-14,650	-18,708
20:00:00	-9,735	-13,802	-14,634	-18,639
21:00:00	-11,952	-15,607	-15,276	-19,462
22:00:00	-13,043	-16,965	-16,016	-20,409
23:00:00	-14,097	-18,291	-16,856	-21,484
00:00:00	-15,217	-19,699	-17,617	-22,457

## Hall – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]									
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3
01:00:00	30,516	25,329	25,345	25,942	25,988	17,813	13,723	13,817	15,513	15,607
02:00:00	30,291	25,157	25,181	25,856	25,904	17,625	13,537	13,639	15,410	15,507
03:00:00	30,058	24,962	24,995	25,759	25,810	17,482	13,414	13,520	15,336	15,434
04:00:00	29,839	24,782	24,823	25,665	25,719	17,365	13,330	13,439	15,285	15,384
05:00:00	29,635	24,623	24,669	25,577	25,633	17,240	13,230	13,342	15,224	15,325
06:00:00	29,583	24,591	24,638	25,556	25,613	17,121	13,138	13,252	15,166	15,268
07:00:00	30,243	25,021	25,048	25,782	25,838	16,985	13,018	13,136	15,093	15,197
08:00:00	30,488	25,049	25,070	25,825	25,884	16,904	12,969	13,088	15,053	15,157
09:00:00	30,710	25,144	25,164	25,926	25,982	17,317	13,374	13,473	15,268	15,370
10:00:00	31,176	25,497	25,504	26,151	26,207	18,029	13,945	14,018	15,611	15,710
11:00:00	31,815	26,039	26,029	26,466	26,517	18,916	14,612	14,669	16,092	16,187
12:00:00	32,475	26,555	26,528	26,783	26,827	19,689	15,096	15,142	16,427	16,515
13:00:00	33,007	26,948	26,908	27,015	27,055	20,301	15,465	15,497	16,681	16,768
14:00:00	33,375	27,205	27,155	27,159	27,195	20,658	15,635	15,662	16,809	16,894
15:00:00	33,557	27,305	27,248	27,201	27,235	20,769	15,645	15,675	16,820	16,907
16:00:00	33,511	27,238	27,180	27,147	27,180	20,622	15,496	15,527	16,705	16,790
17:00:00	33,282	27,068	27,018	27,024	27,056	20,153	15,076	15,121	16,419	16,504
18:00:00	32,939	26,850	26,809	26,861	26,893	19,637	14,669	14,728	16,143	16,231
19:00:00	32,520	26,573	26,540	26,679	26,712	19,328	14,486	14,552	16,014	16,102
20:00:00	32,093	26,322	26,296	26,521	26,557	19,143	14,411	14,478	15,953	16,041
21:00:00	31,754	26,149	26,132	26,416	26,453	18,963	14,304	14,375	15,883	15,973
22:00:00	31,485	25,990	25,980	26,329	26,367	18,795	14,195	14,270	15,814	15,905
23:00:00	31,239	25,821	25,819	26,242	26,282	18,630	14,078	14,157	15,743	15,836
00:00:00	31,008	25,661	25,667	26,162	26,205	18,471	13,961	14,044	15,672	15,766

**Escritório**

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]							
	U = 5,7		U = 5,2		U = 1,4		U = 1,3	
	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan
	Sul	Sul	Sul	Sul	Sul	Sul	Sul	Sul
01:00:00	-13,500	-19,703	-12,659	-18,907	-4,800	-8,954	-4,532	-8,510
02:00:00	-15,892	-22,849	-14,922	-21,902	-5,631	-10,226	-5,312	-9,718
03:00:00	-18,452	-23,590	-17,343	-22,600	-6,548	-10,502	-6,173	-9,977
04:00:00	-20,251	-23,855	-19,059	-22,857	-7,242	-10,578	-6,825	-10,041
05:00:00	-21,354	-24,567	-20,125	-23,537	-7,732	-10,867	-7,289	-10,315
06:00:00	-20,922	-25,001	-19,692	-23,954	-7,139	-11,053	-6,686	-10,491
07:00:00	-14,155	-26,413	-13,125	-25,311	-1,696	-11,693	-1,250	-11,104
08:00:00	-7,270	-24,649	-6,429	-23,625	3,611	-10,840	4,031	-10,275
09:00:00	1,652	-8,578	2,134	-8,263	9,287	-0,806	9,622	-0,340
10:00:00	13,866	35,026	13,260	33,724	15,602	29,681	15,852	29,967
11:00:00	39,754	94,215	37,128	90,982	26,322	75,715	26,371	75,837
12:00:00	72,912	123,598	69,390	119,652	44,059	99,611	43,842	99,612
13:00:00	94,975	137,263	91,242	133,012	59,342	110,921	58,979	110,852
14:00:00	100,959	131,057	97,270	127,075	64,628	107,036	64,221	106,996
15:00:00	92,211	110,279	88,612	106,990	57,506	90,598	57,122	90,590
16:00:00	69,319	74,235	66,267	72,063	41,330	61,840	41,026	61,903
17:00:00	38,834	23,527	36,602	22,916	22,271	22,037	22,097	22,223
18:00:00	14,167	-11,482	13,266	-10,932	9,413	-4,407	9,356	-4,095
19:00:00	2,567	-14,722	2,674	-14,070	2,621	-6,839	2,606	-6,518
20:00:00	-3,179	-14,897	-2,862	-14,244	-0,963	-6,869	-0,917	-6,553
21:00:00	-5,587	-16,256	-5,139	-15,542	-1,900	-7,400	-1,810	-7,046
22:00:00	-8,354	-17,767	-7,765	-16,984	-2,876	-7,990	-2,726	-7,600
23:00:00	-10,927	-19,432	-10,190	-18,572	-3,765	-8,642	-3,559	-8,212
00:00:00	-13,483	-20,949	-12,599	-20,018	-4,630	-9,238	-4,369	-8,775

(continuação)

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]	
	Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78)	
	08/ago	18/jan
	Sul	Sul
01:00:00	-17,254	-20,346
02:00:00	-18,521	-22,241
03:00:00	-19,867	-22,561
04:00:00	-20,785	-22,658
05:00:00	-21,311	-23,013
06:00:00	-18,685	-23,193
07:00:00	1,109	-24,032
08:00:00	19,526	-21,759
09:00:00	38,214	12,947
10:00:00	66,230	121,013
11:00:00	126,833	271,892
12:00:00	196,933	341,064
13:00:00	245,087	369,731
14:00:00	256,582	353,218
15:00:00	229,614	297,866
16:00:00	171,967	204,652
17:00:00	96,820	74,975
18:00:00	31,141	-12,619
19:00:00	-1,505	-20,129
20:00:00	-12,244	-19,946
21:00:00	-13,960	-20,530
22:00:00	-15,281	-21,254
23:00:00	-16,584	-22,100
00:00:00	-17,936	-22,863

## Escritório – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]									
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3
01:00:00	31,025	26,125	26,126	26,550	26,588	19,104	14,435	14,506	15,868	15,944
02:00:00	30,865	26,020	26,027	26,503	26,542	18,934	14,301	14,377	15,787	15,865
03:00:00	30,693	25,894	25,907	26,442	26,483	18,791	14,208	14,286	15,724	15,804
04:00:00	30,522	25,770	25,789	26,376	26,419	18,660	14,133	14,213	15,672	15,752
05:00:00	30,353	25,652	25,675	26,306	26,350	18,523	14,045	14,127	15,610	15,692
06:00:00	30,196	25,549	25,576	26,241	26,286	18,387	13,958	14,043	15,549	15,631
07:00:00	30,157	25,546	25,572	26,229	26,275	18,238	13,850	13,938	15,475	15,559
08:00:00	30,208	25,580	25,603	26,241	26,287	18,120	13,787	13,876	15,419	15,503
09:00:00	30,332	25,670	25,688	26,271	26,314	18,231	13,975	14,052	15,488	15,569
10:00:00	30,592	25,824	25,823	26,319	26,362	19,069	14,641	14,684	15,807	15,882
11:00:00	31,178	26,281	26,228	26,447	26,487	20,635	15,678	15,678	16,452	16,522
12:00:00	32,035	26,935	26,864	26,747	26,780	22,007	16,436	16,410	16,960	17,027
13:00:00	32,938	27,482	27,399	27,070	27,098	23,145	17,005	16,963	17,360	17,424
14:00:00	33,649	27,848	27,756	27,303	27,329	23,936	17,298	17,247	17,596	17,660
15:00:00	34,046	28,008	27,908	27,390	27,415	24,318	17,336	17,285	17,667	17,730
16:00:00	34,075	27,920	27,818	27,328	27,352	24,228	17,083	17,044	17,546	17,610
17:00:00	33,760	27,608	27,512	27,162	27,188	23,493	16,460	16,448	17,184	17,250
18:00:00	33,305	27,247	27,170	27,025	27,052	22,544	15,836	15,853	16,822	16,890
19:00:00	32,848	27,020	26,969	26,952	26,981	22,026	15,596	15,624	16,677	16,747
20:00:00	32,542	26,909	26,868	26,925	26,954	21,743	15,530	15,562	16,642	16,712
21:00:00	32,350	26,856	26,823	26,932	26,963	21,508	15,461	15,497	16,615	16,685
22:00:00	32,201	26,811	26,784	26,947	26,979	21,300	15,393	15,433	16,587	16,659
23:00:00	32,061	26,755	26,735	26,956	26,989	21,104	15,317	15,361	16,553	16,626
00:00:00	31,918	26,686	26,673	26,953	26,988	20,913	15,234	15,282	16,511	16,586

## Cozinha

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
U = 5,7								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-12,439	-12,399	-11,484	-10,339	-17,789	-17,742	-16,450	-16,238
02:00:00	-14,687	-14,631	-13,539	-12,288	-20,844	-20,792	-19,270	-18,819
03:00:00	-17,097	-17,028	-15,748	-14,341	-21,553	-21,503	-19,923	-19,637
04:00:00	-18,779	-18,704	-17,292	-15,836	-21,808	-21,758	-20,156	-20,162
05:00:00	-19,784	-19,727	-18,236	-16,777	-22,520	-22,470	-20,812	-20,845
06:00:00	-11,752	12,769	12,233	-16,913	-22,970	-22,920	-21,226	-21,275
07:00:00	0,313	125,013	117,742	-15,462	-24,416	-24,363	-22,560	-22,189
08:00:00	-10,789	147,542	139,513	-11,522	-22,762	-13,575	-12,530	-17,158
09:00:00	-3,877	152,835	144,865	-2,969	-12,713	65,330	60,817	31,105
10:00:00	5,433	137,766	131,116	17,674	-4,006	76,431	71,248	67,667
11:00:00	13,907	104,826	100,510	47,946	3,305	63,245	59,125	98,876
12:00:00	21,588	54,958	53,630	74,473	8,795	34,178	32,175	121,734
13:00:00	26,742	27,370	25,285	85,708	11,788	13,224	12,460	129,548
14:00:00	28,631	28,887	27,039	64,082	10,245	10,223	9,633	48,589
15:00:00	27,433	27,576	25,794	29,838	7,454	7,455	7,033	4,791
16:00:00	23,042	23,138	21,632	21,524	2,243	2,272	2,172	0,687
17:00:00	17,213	17,213	16,075	16,262	-5,306	-5,250	-4,869	-4,972
18:00:00	10,797	10,084	9,399	10,148	-10,846	-10,773	-10,023	-8,828
19:00:00	7,009	2,083	1,890	3,375	-11,592	-11,517	-10,713	-9,652
20:00:00	-2,037	-3,408	-3,255	-1,114	-11,854	-11,775	-10,939	-10,336
21:00:00	-5,416	-5,538	-5,220	-3,155	-13,209	-13,128	-12,190	-11,671
22:00:00	-7,989	-8,010	-7,493	-5,487	-14,667	-14,585	-13,536	-13,119
23:00:00	-10,278	-10,274	-9,569	-7,683	-16,259	-16,178	-15,007	-14,680
00:00:00	-12,540	-12,539	-11,643	-9,924	-17,714	-17,634	-16,351	-16,100

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
U = 5,2								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-11,666	-11,645	-10,813	-9,720	-17,102	-17,055	-15,838	-15,627
02:00:00	-13,789	-13,754	-12,761	-11,565	-20,010	-19,958	-18,528	-18,083
03:00:00	-16,068	-16,021	-14,856	-13,508	-20,675	-20,625	-19,144	-18,860
04:00:00	-17,677	-17,618	-16,330	-14,934	-20,923	-20,873	-19,370	-19,360
05:00:00	-18,660	-18,608	-17,245	-15,843	-21,603	-21,552	-19,998	-20,012
06:00:00	-11,044	13,082	12,498	-15,944	-22,034	-21,983	-20,396	-20,424
07:00:00	-0,002	122,736	115,702	-14,316	-23,423	-23,369	-21,679	-21,303
08:00:00	-9,651	145,031	137,266	-10,414	-21,843	-12,979	-12,006	-16,517
09:00:00	-2,869	150,104	142,411	-2,613	-12,168	63,331	59,057	29,928
10:00:00	6,033	134,698	128,328	16,400	-3,791	73,788	68,911	65,288
11:00:00	14,085	101,847	97,755	45,617	3,221	60,683	56,837	95,520
12:00:00	21,331	52,191	50,959	71,367	8,490	32,025	30,204	117,596
13:00:00	26,123	26,412	24,579	82,196	11,302	12,550	11,845	125,028
14:00:00	27,843	28,007	26,237	61,393	9,788	9,765	9,212	46,857
15:00:00	26,587	26,670	24,971	28,683	7,105	7,105	6,711	4,548
16:00:00	22,371	22,410	20,971	20,782	2,082	2,113	2,022	0,584
17:00:00	16,798	16,738	15,644	15,739	-5,156	-5,103	-4,739	-4,840
18:00:00	10,397	9,868	9,203	9,852	-10,465	-10,395	-9,685	-8,536
19:00:00	6,414	2,151	1,954	3,334	-11,172	-11,099	-10,340	-9,319
20:00:00	-1,843	-3,133	-3,001	-0,988	-11,419	-11,343	-10,552	-9,973
21:00:00	-5,024	-5,146	-4,862	-2,920	-12,709	-12,631	-11,746	-11,245
22:00:00	-7,465	-7,489	-7,021	-5,129	-14,097	-14,018	-13,030	-12,625
23:00:00	-9,614	-9,619	-8,980	-7,200	-15,612	-15,533	-14,432	-14,111
00:00:00	-11,737	-11,751	-10,938	-9,313	-16,997	-16,918	-15,714	-15,463

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
U = 1,4								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-4,542	-4,582	-4,353	-3,943	-8,313	-8,282	-7,836	-7,701
02:00:00	-5,316	-5,365	-5,089	-4,640	-9,563	-9,529	-9,016	-8,747
03:00:00	-6,184	-6,221	-5,907	-5,386	-9,828	-9,793	-9,266	-9,067
04:00:00	-6,854	-6,870	-6,520	-5,972	-9,901	-9,866	-9,330	-9,266
05:00:00	-7,341	-7,328	-6,953	-6,391	-10,191	-10,155	-9,604	-9,546
06:00:00	-3,092	20,585	19,472	-6,113	-10,383	-10,346	-9,785	-9,731
07:00:00	4,430	117,076	111,323	-3,006	-11,041	-11,002	-10,406	-10,146
08:00:00	3,252	137,754	131,541	0,697	-10,255	-3,243	-3,078	-7,452
09:00:00	7,680	138,477	132,650	5,779	-3,299	57,207	54,114	26,315
10:00:00	12,919	118,807	114,313	14,869	2,415	62,557	59,292	55,161
11:00:00	16,962	79,682	77,205	30,528	6,830	46,286	43,981	78,908
12:00:00	19,906	35,060	34,249	46,020	9,712	22,001	20,974	95,615
13:00:00	21,345	21,385	20,303	52,346	10,785	11,692	11,104	100,504
14:00:00	21,567	21,394	20,255	38,924	9,405	9,362	8,882	38,554
15:00:00	20,136	19,995	18,930	19,517	6,963	6,939	6,588	4,643
16:00:00	16,999	16,853	15,950	14,594	2,985	2,977	2,836	1,468
17:00:00	12,907	12,735	12,046	10,972	-2,253	-2,236	-2,100	-2,394
18:00:00	7,976	7,682	7,256	6,712	-5,484	-5,452	-5,154	-4,700
19:00:00	3,676	2,092	1,952	2,118	-5,860	-5,827	-5,513	-5,077
20:00:00	-0,634	-1,308	-1,270	-0,580	-5,941	-5,908	-5,593	-5,293
21:00:00	-2,077	-2,143	-2,060	-1,374	-6,446	-6,411	-6,073	-5,822
22:00:00	-2,982	-3,008	-2,877	-2,202	-7,009	-6,973	-6,600	-6,394
23:00:00	-3,757	-3,789	-3,612	-2,968	-7,632	-7,594	-7,182	-7,011
00:00:00	-4,500	-4,551	-4,332	-3,737	-8,203	-8,164	-7,718	-7,573

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
U = 1,3								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-4,297	-4,336	-4,122	-3,738	-7,916	-7,886	-7,466	-7,337
02:00:00	-5,023	-5,066	-4,812	-4,393	-9,104	-9,071	-8,590	-8,326
03:00:00	-5,840	-5,876	-5,583	-5,094	-9,353	-9,320	-8,826	-8,629
04:00:00	-6,471	-6,487	-6,162	-5,647	-9,415	-9,381	-8,878	-8,816
05:00:00	-6,932	-6,921	-6,571	-6,044	-9,690	-9,656	-9,138	-9,082
06:00:00	-2,706	20,954	19,824	-5,753	-9,871	-9,836	-9,310	-9,256
07:00:00	4,828	117,306	111,555	-2,609	-10,501	-10,464	-9,906	-9,651
08:00:00	3,708	137,973	131,766	1,098	-9,740	-2,752	-2,623	-6,995
09:00:00	8,099	138,613	132,800	6,145	-2,843	57,461	54,365	26,579
10:00:00	13,201	118,867	114,386	15,090	2,804	62,730	59,469	55,331
11:00:00	17,132	79,607	77,144	30,501	7,162	46,398	44,097	78,937
12:00:00	19,943	34,965	34,160	45,788	9,924	22,128	21,095	95,518
13:00:00	21,280	21,324	20,246	52,000	10,953	11,857	11,263	100,336
14:00:00	21,451	21,280	20,153	38,621	9,568	9,523	9,039	38,587
15:00:00	20,020	19,880	18,827	19,345	7,113	7,086	6,722	4,760
16:00:00	16,896	16,752	15,859	14,455	3,137	3,136	2,994	1,602
17:00:00	12,824	12,657	11,976	10,857	-2,062	-2,047	-1,926	-2,237
18:00:00	7,934	7,639	7,219	6,630	-5,229	-5,199	-4,921	-4,499
19:00:00	3,666	2,094	1,957	2,083	-5,598	-5,566	-5,269	-4,863
20:00:00	-0,579	-1,250	-1,215	-0,569	-5,681	-5,650	-5,349	-5,062
21:00:00	-1,981	-2,045	-1,967	-1,323	-6,163	-6,131	-5,811	-5,561
22:00:00	-2,832	-2,858	-2,735	-2,097	-6,687	-6,654	-6,303	-6,101
23:00:00	-3,559	-3,590	-3,425	-2,821	-7,270	-7,235	-6,851	-6,684
00:00:00	-4,255	-4,306	-4,101	-3,543	-7,810	-7,774	-7,354	-7,215

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78)								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-17,781	-17,653	-16,546	-16,284	-17,484	-17,427	-16,351	-16,388
02:00:00	-18,928	-18,805	-17,627	-17,284	-19,369	-19,307	-18,115	-17,971
03:00:00	-20,142	-20,032	-18,780	-18,324	-19,710	-19,648	-18,438	-18,421
04:00:00	-20,948	-20,849	-19,548	-19,043	-19,843	-19,781	-18,560	-18,702
05:00:00	-21,374	-21,296	-19,967	-19,438	-20,239	-20,176	-18,930	-19,081
06:00:00	1,005	68,919	65,592	-18,722	-20,469	-20,406	-19,146	-19,302
07:00:00	42,825	386,147	368,311	-9,258	-21,371	-21,305	-19,988	-19,855
08:00:00	11,603	453,776	434,890	2,997	-19,532	2,672	2,681	-10,050
09:00:00	26,926	460,132	442,635	23,854	1,736	202,153	191,912	110,466
10:00:00	42,767	409,318	395,898	74,173	19,394	227,188	216,108	201,939
11:00:00	54,138	296,974	289,936	138,594	32,600	183,043	174,577	273,905
12:00:00	61,573	147,999	147,749	191,836	40,877	103,965	99,586	322,780
13:00:00	64,398	63,888	58,734	210,536	43,265	46,584	44,475	335,392
14:00:00	63,719	63,489	60,422	148,437	38,409	38,173	36,369	131,619
15:00:00	58,885	58,645	55,813	58,995	28,669	28,494	27,170	18,677
16:00:00	47,685	47,501	45,227	38,148	13,609	13,523	12,959	7,270
17:00:00	33,055	32,935	31,395	25,486	-4,230	-4,215	-3,870	-5,813
18:00:00	18,593	15,515	14,854	10,995	-13,651	-13,587	-12,753	-12,381
19:00:00	12,718	-3,591	-3,283	-4,410	-14,461	-14,391	-13,516	-13,080
20:00:00	-10,114	-13,834	-12,999	-12,306	-14,570	-14,499	-13,609	-13,454
21:00:00	-15,441	-15,371	-14,442	-13,682	-15,352	-15,280	-14,341	-14,229
22:00:00	-16,569	-16,485	-15,481	-14,740	-16,209	-16,134	-15,141	-15,085
23:00:00	-17,689	-17,592	-16,513	-15,852	-17,150	-17,074	-16,022	-16,012
00:00:00	-18,868	-18,756	-17,596	-17,037	-17,998	-17,922	-16,817	-16,843

## Cozinha – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]									
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3
01:00:00	31,664	25,927	25,940	26,527	26,572	17,937	13,999	14,082	15,579	15,661
02:00:00	31,466	25,796	25,814	26,458	26,505	17,794	13,866	13,954	15,507	15,592
03:00:00	31,257	25,641	25,667	26,378	26,427	17,686	13,782	13,873	15,456	15,543
04:00:00	31,055	25,495	25,527	26,297	26,348	17,593	13,720	13,814	15,419	15,506
05:00:00	30,861	25,360	25,397	26,216	26,268	17,489	13,643	13,739	15,372	15,460
06:00:00	30,822	25,469	25,499	26,273	26,326	17,389	13,570	13,668	15,325	15,414
07:00:00	31,851	26,802	26,783	27,071	27,123	17,271	13,472	13,573	15,264	15,355
08:00:00	32,758	27,248	27,230	27,487	27,537	17,222	13,469	13,569	15,253	15,343
09:00:00	33,601	27,596	27,571	27,762	27,812	17,916	14,443	14,497	15,745	15,830
10:00:00	34,319	27,808	27,769	27,887	27,933	18,675	15,001	15,030	16,060	16,142
11:00:00	34,794	27,851	27,800	27,838	27,881	19,215	15,233	15,250	16,171	16,250
12:00:00	34,927	27,688	27,626	27,638	27,679	19,532	15,226	15,236	16,145	16,221
13:00:00	34,799	27,551	27,501	27,573	27,612	19,646	15,166	15,183	16,156	16,231
14:00:00	34,767	27,583	27,533	27,581	27,617	19,672	15,035	15,062	16,110	16,184
15:00:00	34,698	27,552	27,502	27,564	27,599	19,630	14,912	14,947	16,056	16,129
16:00:00	34,606	27,498	27,452	27,540	27,575	19,568	14,878	14,917	16,045	16,119
17:00:00	34,464	27,418	27,377	27,501	27,536	19,412	14,750	14,796	15,982	16,057
18:00:00	34,254	27,296	27,260	27,435	27,470	19,220	14,602	14,656	15,910	15,987
19:00:00	34,007	27,155	27,120	27,349	27,385	19,086	14,543	14,600	15,880	15,958
20:00:00	33,692	26,995	26,973	27,270	27,306	18,999	14,529	14,588	15,876	15,953
21:00:00	33,428	26,872	26,857	27,207	27,245	18,899	14,480	14,542	15,857	15,934
22:00:00	33,203	26,759	26,750	27,152	27,191	18,796	14,419	14,484	15,832	15,910
23:00:00	32,985	26,637	26,634	27,091	27,132	18,686	14,347	14,416	15,799	15,879
00:00:00	32,767	26,511	26,515	27,028	27,071	18,572	14,272	14,344	15,763	15,844

## Casa de Banho

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]							
	U = 5,7		U = 5,2		U = 1,4		U = 1,3	
	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan
	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste
01:00:00	-11,422	-16,964	-10,691	-16,284	-4,063	-7,734	-3,841	-7,356
02:00:00	-13,876	-20,104	-12,998	-19,268	-4,871	-8,986	-4,599	-8,545
03:00:00	-16,514	-20,966	-15,479	-20,073	-5,772	-9,290	-5,445	-8,831
04:00:00	-18,422	-21,348	-17,289	-20,437	-6,479	-9,398	-6,109	-8,925
05:00:00	-19,628	-22,154	-18,452	-21,203	-7,001	-9,707	-6,602	-9,217
06:00:00	-19,453	-22,691	-18,253	-21,714	-6,490	-9,916	-6,079	-9,414
07:00:00	-13,333	-24,151	-12,293	-23,110	-1,463	-10,555	-1,057	-10,024
08:00:00	-7,092	-22,638	-6,198	-21,661	3,491	-9,812	3,874	-9,307
09:00:00	1,389	-11,440	1,929	-10,971	8,796	-2,854	9,095	-2,427
10:00:00	10,783	-1,883	10,889	-1,838	13,965	2,902	14,163	3,248
11:00:00	19,580	5,618	19,231	5,361	18,077	7,288	18,145	7,539
12:00:00	27,097	10,973	26,274	10,444	20,898	10,020	20,838	10,195
13:00:00	31,789	13,896	30,660	13,205	22,303	11,126	22,146	11,246
14:00:00	43,587	12,300	40,873	11,662	25,851	9,802	25,627	9,919
15:00:00	88,819	9,310	84,927	8,814	53,835	7,416	53,419	7,516
16:00:00	125,968	19,814	121,983	18,838	94,192	13,811	93,835	13,867
17:00:00	139,312	23,455	136,091	22,451	115,416	18,024	115,121	18,095
18:00:00	129,654	-5,654	126,951	-5,485	111,712	-2,145	111,495	-1,941
19:00:00	73,738	-9,700	72,139	-9,373	63,684	-4,947	63,566	-4,723
20:00:00	5,899	-10,047	5,861	-9,695	5,544	-5,078	5,544	-4,846
21:00:00	-2,967	-11,490	-2,736	-11,065	-1,210	-5,626	-1,163	-5,376
22:00:00	-5,763	-13,053	-5,377	-12,549	-2,164	-6,199	-2,059	-5,916
23:00:00	-8,330	-14,759	-7,778	-14,168	-3,006	-6,845	-2,849	-6,518
00:00:00	-10,869	-16,333	-10,154	-15,662	-3,818	-7,444	-3,610	-7,082

(continuação)

		Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]	
		Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78)	
		08/ago	18/jan
		Oeste	Oeste
01:00:00	-15,049		-16,210
02:00:00	-16,384		-18,163
03:00:00	-17,793		-18,623
04:00:00	-18,798		-18,848
05:00:00	-19,418		-19,319
06:00:00	-17,191		-19,620
07:00:00	1,104		-20,540
08:00:00	18,295		-18,625
09:00:00	35,871		4,020
10:00:00	52,176		22,248
11:00:00	63,333		35,445
12:00:00	69,696		43,305
13:00:00	71,625		45,367
14:00:00	102,394		40,432
15:00:00	213,939		30,751
16:00:00	328,809		54,290
17:00:00	380,606		66,487
18:00:00	357,417		-2,640
19:00:00	201,059		-11,643
20:00:00	10,589		-11,920
21:00:00	-11,096		-12,854
22:00:00	-12,535		-13,856
23:00:00	-13,914		-14,938
00:00:00	-15,335		-15,924

### Casa de banho – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]									
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3
01:00:00	30,491	25,855	25,853	26,239	26,273	17,412	13,942	14,006	15,160	15,223
02:00:00	30,416	25,817	25,818	26,225	26,259	17,356	13,888	13,956	15,137	15,201
03:00:00	30,332	25,766	25,770	26,200	26,235	17,310	13,855	13,923	15,120	15,184
04:00:00	30,243	25,710	25,717	26,169	26,205	17,264	13,829	13,898	15,102	15,167
05:00:00	30,151	25,653	25,661	26,132	26,169	17,212	13,794	13,864	15,079	15,144
06:00:00	30,058	25,598	25,608	26,095	26,132	17,157	13,757	13,828	15,053	15,118
07:00:00	30,011	25,584	25,594	26,077	26,114	17,092	13,706	13,779	15,019	15,085
08:00:00	30,001	25,580	25,590	26,066	26,103	17,040	13,678	13,752	14,991	15,057
09:00:00	30,019	25,599	25,607	26,058	26,094	17,048	13,743	13,810	14,997	15,062
10:00:00	30,074	25,636	25,640	26,059	26,095	17,091	13,805	13,867	15,008	15,072
11:00:00	30,144	25,706	25,705	26,077	26,113	17,148	13,853	13,911	15,017	15,080
12:00:00	30,209	25,804	25,797	26,106	26,140	17,212	13,891	13,945	15,022	15,084
13:00:00	30,270	25,879	25,867	26,131	26,163	17,277	13,929	13,980	15,029	15,091
14:00:00	30,397	25,985	25,957	26,152	26,183	17,329	13,943	13,993	15,032	15,093
15:00:00	30,693	26,326	26,288	26,313	26,340	17,375	13,951	14,001	15,036	15,097
16:00:00	31,055	26,649	26,607	26,585	26,613	17,460	14,043	14,087	15,075	15,136
17:00:00	31,409	26,858	26,818	26,786	26,814	17,575	14,126	14,168	15,129	15,189
18:00:00	31,673	26,956	26,918	26,896	26,925	17,540	13,998	14,048	15,088	15,149
19:00:00	31,701	26,779	26,745	26,798	26,827	17,530	13,981	14,033	15,089	15,151
20:00:00	31,513	26,383	26,361	26,558	26,588	17,549	14,003	14,054	15,110	15,171
21:00:00	31,395	26,290	26,273	26,518	26,549	17,562	14,013	14,065	15,128	15,189
22:00:00	31,331	26,290	26,276	26,541	26,572	17,568	14,016	14,069	15,141	15,203
23:00:00	31,280	26,294	26,282	26,568	26,599	17,564	14,010	14,065	15,150	15,212
00:00:00	31,227	26,291	26,281	26,589	26,620	17,551	13,997	14,053	15,153	15,216

## Estudo do efeito do coeficiente de transmissão térmica (SHG = 0,78)

### Sala

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]							
	U = 5,7				U = 5,2			
	08/ago		18/jan		08/ago		18/jan	
	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul
01:00:00	-25,330	-25,837	-28,069	-28,322	-24,086	-24,546	-27,061	-27,290
02:00:00	-27,147	-27,691	-30,790	-31,114	-25,809	-26,303	-29,650	-29,946
03:00:00	-29,055	-29,645	-31,301	-31,610	-27,621	-28,157	-30,128	-30,409
04:00:00	-30,225	-30,832	-31,411	-31,677	-28,748	-29,300	-30,239	-30,479
05:00:00	-30,735	-31,342	-31,902	-32,170	-29,260	-29,813	-30,708	-30,950
06:00:00	62,131	-29,152	-32,138	-32,406	63,170	-27,629	-30,935	-31,178
07:00:00	390,964	-11,716	-33,240	-33,584	390,435	-10,245	-31,995	-32,310
08:00:00	462,735	5,115	-7,778	-20,341	462,101	6,542	-6,784	-19,339
09:00:00	473,055	37,683	199,558	125,618	472,342	37,661	199,005	124,914
10:00:00	427,174	110,278	226,245	224,572	425,997	107,636	225,136	223,433
11:00:00	323,692	185,860	184,778	298,578	321,844	182,846	183,413	297,128
12:00:00	173,257	239,492	103,364	346,246	170,217	236,498	101,299	344,592
13:00:00	53,971	255,396	29,693	356,178	54,292	252,512	29,870	354,456
14:00:00	58,560	236,873	19,685	323,079	58,899	233,961	20,276	321,671
15:00:00	53,470	187,929	9,489	258,332	53,828	184,695	10,240	257,374
16:00:00	42,206	118,299	-4,941	165,093	42,734	115,500	-4,023	164,640
17:00:00	28,046	45,739	-21,113	48,468	28,709	45,032	-20,010	48,815
18:00:00	10,784	11,232	-28,780	-23,496	11,513	11,994	-27,611	-22,375
19:00:00	-8,711	-8,970	-28,524	-28,843	-7,820	-8,028	-27,397	-27,687
20:00:00	-19,464	-20,083	-28,180	-28,437	-18,456	-19,021	-27,088	-27,321
21:00:00	-21,682	-22,328	-28,963	-29,222	-20,575	-21,167	-27,838	-28,073
22:00:00	-23,381	-24,027	-29,958	-30,217	-22,203	-22,794	-28,788	-29,022
23:00:00	-25,275	-25,917	-31,133	-31,395	-23,991	-24,577	-29,909	-30,145
00:00:00	-27,332	-27,971	-32,186	-32,452	-25,921	-26,503	-30,913	-31,152

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
U = 1,4					U = 1,3			
08/ago			18/jan		08/ago		18/jan	
	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul
01:00:00	-10,302	-10,400	-13,213	-13,257	-9,755	-9,843	-12,566	-12,606
02:00:00	-10,960	-11,064	-14,307	-14,376	-10,365	-10,462	-13,599	-13,663
03:00:00	-11,677	-11,796	-14,478	-14,532	-11,047	-11,156	-13,760	-13,826
04:00:00	-12,186	-12,312	-14,532	-14,574	-11,529	-11,644	-13,811	-13,849
05:00:00	-12,503	-12,632	-14,735	-14,777	-11,831	-11,949	-14,003	-14,041
06:00:00	77,683	-10,340	-14,842	-14,884	78,323	-9,651	-14,105	-14,143
07:00:00	396,595	7,202	-15,342	-15,418	397,122	7,914	-14,580	-14,650
08:00:00	467,040	23,767	8,015	-4,730	467,572	24,488	8,718	-4,014
09:00:00	474,890	48,306	203,696	127,337	475,391	48,896	204,243	127,863
10:00:00	423,713	101,458	226,300	223,937	424,116	101,763	226,802	224,429
11:00:00	308,864	166,440	179,803	296,494	309,128	166,618	180,265	296,954
12:00:00	155,278	215,753	98,318	342,336	155,391	215,861	98,738	342,757
13:00:00	63,667	230,544	41,132	351,593	64,007	230,605	41,742	351,992
14:00:00	64,539	212,435	32,608	320,939	64,857	212,476	33,267	321,385
15:00:00	59,630	165,071	23,176	259,148	59,942	165,098	23,832	259,625
16:00:00	49,259	103,230	9,591	169,160	49,615	103,292	10,244	169,658
17:00:00	35,918	47,274	-5,698	58,172	36,271	47,506	-5,046	58,770
18:00:00	19,601	20,412	-12,896	-7,973	19,966	20,787	-12,237	-7,310
19:00:00	1,744	1,949	-13,163	-13,234	2,139	2,356	-12,519	-12,586
20:00:00	-7,710	-7,829	-13,023	-13,067	-7,279	-7,385	-12,382	-12,422
21:00:00	-8,835	-8,979	-13,337	-13,381	-8,374	-8,506	-12,679	-12,719
22:00:00	-9,527	-9,668	-13,728	-13,770	-9,022	-9,151	-13,047	-13,085
23:00:00	-10,172	-10,312	-14,190	-14,230	-9,632	-9,760	-13,483	-13,520
00:00:00	-10,837	-10,970	-14,607	-14,647	-10,255	-10,376	-13,877	-13,913

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]				
Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78)				
	08/ago		18/jan	
	Este	Sul	Este	Sul
01:00:00	-16,117	-16,335	-19,743	-19,847
02:00:00	-17,230	-17,466	-21,473	-21,619
03:00:00	-18,417	-18,677	-21,760	-21,889
04:00:00	-19,218	-19,489	-21,853	-21,958
05:00:00	-19,665	-19,939	-22,176	-22,281
06:00:00	70,990	-17,726	-22,339	-22,444
07:00:00	391,551	-0,475	-23,098	-23,254
08:00:00	461,931	15,990	0,858	-11,949
09:00:00	470,166	42,349	198,817	122,572
10:00:00	420,167	99,224	222,024	219,772
11:00:00	307,010	165,731	176,047	292,727
12:00:00	155,288	215,855	95,080	339,052
13:00:00	60,245	231,137	35,306	348,560
14:00:00	61,330	213,257	26,103	317,314
15:00:00	56,352	166,105	16,642	255,048
16:00:00	45,860	103,644	3,026	164,599
17:00:00	32,422	45,172	-12,301	52,508
18:00:00	15,935	16,618	-19,607	-14,663
19:00:00	-2,303	-2,249	-19,676	-19,825
20:00:00	-12,158	-12,437	-19,499	-19,604
21:00:00	-13,672	-13,973	-20,008	-20,113
22:00:00	-14,793	-15,096	-20,648	-20,750
23:00:00	-15,906	-16,203	-21,399	-21,501
00:00:00	-17,075	-17,361	-22,074	-22,176

## Sala – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]									
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3
01:00:00	31,180	30,115	30,240	32,273	32,381	19,655	18,155	18,329	20,992	21,125
02:00:00	30,986	29,883	30,013	32,096	32,206	19,473	17,941	18,120	20,829	20,964
03:00:00	30,782	29,636	29,772	31,912	32,023	19,320	17,770	17,951	20,686	20,821
04:00:00	30,582	29,400	29,541	31,729	31,842	19,185	17,624	17,807	20,554	20,690
05:00:00	30,388	29,179	29,323	31,548	31,663	19,042	17,469	17,653	20,419	20,555
06:00:00	30,267	29,040	29,181	31,436	31,551	18,903	17,319	17,505	20,286	20,423
07:00:00	30,787	29,608	29,743	31,951	32,067	18,752	17,152	17,340	20,144	20,282
08:00:00	31,351	30,147	30,282	32,538	32,654	18,674	17,072	17,258	20,060	20,198
09:00:00	31,906	30,747	30,863	33,052	33,166	19,871	18,464	18,613	21,182	21,310
10:00:00	32,600	31,648	31,711	33,658	33,765	21,260	19,972	20,107	22,514	22,640
11:00:00	33,339	32,545	32,591	34,348	34,450	22,453	21,235	21,355	23,690	23,814
12:00:00	33,981	33,315	33,339	34,949	35,048	23,490	22,343	22,449	24,707	24,830
13:00:00	34,418	33,809	33,834	35,367	35,465	24,269	23,142	23,246	25,482	25,605
14:00:00	34,762	34,211	34,231	35,694	35,790	24,780	23,656	23,761	25,995	26,118
15:00:00	34,837	34,324	34,332	35,757	35,851	24,945	23,808	23,917	26,165	26,288
16:00:00	34,651	34,110	34,116	35,572	35,668	24,725	23,565	23,681	25,945	26,068
17:00:00	34,250	33,643	33,671	35,198	35,294	24,001	22,764	22,892	25,256	25,382
18:00:00	33,834	33,121	33,186	34,827	34,927	23,149	21,807	21,954	24,453	24,583
19:00:00	33,463	32,699	32,777	34,476	34,578	22,636	21,262	21,414	23,952	24,084
20:00:00	33,131	32,325	32,411	34,154	34,257	22,335	20,957	21,111	23,654	23,786
21:00:00	32,880	32,033	32,126	33,915	34,019	22,080	20,688	20,844	23,402	23,535
22:00:00	32,669	31,781	31,881	33,719	33,824	21,852	20,442	20,600	23,179	23,312
23:00:00	32,470	31,541	31,646	33,534	33,641	21,635	20,203	20,365	22,970	23,104
00:00:00	32,270	31,292	31,405	33,353	33,460	21,425	19,971	20,136	22,769	22,904

## Hall

Flujo de calor [W/m <sup>2</sup> ]									
U = 5,7					U = 5,2				
	08/ago		18/jan		08/ago		18/jan		
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	
01:00:00	-23,338	-29,582	-23,309	-29,909	-22,293	-28,333	-22,583	-28,977	
02:00:00	-25,072	-31,847	-26,038	-33,461	-23,939	-30,486	-25,185	-32,363	
03:00:00	-26,886	-34,262	-26,538	-34,082	-25,666	-32,783	-25,656	-32,947	
04:00:00	-27,960	-35,747	-26,658	-34,201	-26,709	-34,212	-25,778	-33,071	
05:00:00	-28,370	-36,418	-27,185	-34,878	-27,136	-34,879	-26,284	-33,720	
06:00:00	-3,050	-33,672	-27,464	-35,237	-2,057	-32,136	-26,554	-34,068	
07:00:00	49,749	-10,387	-28,648	-36,825	50,075	-8,868	-27,693	-35,595	
08:00:00	43,616	14,407	-26,092	-18,665	43,435	15,799	-25,214	-17,798	
09:00:00	31,206	62,378	-1,519	184,038	31,740	61,560	-1,061	182,508	
10:00:00	44,992	165,705	17,413	322,751	45,588	161,119	17,576	320,223	
11:00:00	57,248	272,037	30,520	424,004	57,537	266,531	30,483	420,968	
12:00:00	64,537	345,737	38,147	491,691	64,550	340,330	37,972	488,244	
13:00:00	66,667	366,730	39,697	505,327	66,565	361,549	39,474	501,738	
14:00:00	65,378	342,548	33,558	461,366	65,249	337,325	33,446	458,193	
15:00:00	59,675	274,499	23,091	370,456	59,548	268,847	23,129	367,952	
16:00:00	47,381	175,194	7,788	244,186	47,442	170,142	8,008	242,483	
17:00:00	32,052	77,297	-10,045	83,293	32,332	75,132	-9,588	82,818	
18:00:00	14,304	21,896	-19,301	-16,967	14,717	22,227	-18,698	-16,303	
19:00:00	-3,702	-5,564	-19,728	-25,250	-3,276	-4,922	-19,123	-24,485	
20:00:00	-14,532	-20,467	-19,673	-25,141	-13,948	-19,621	-19,084	-24,391	
21:00:00	-17,760	-22,967	-20,678	-26,437	-16,999	-22,032	-20,042	-25,627	
22:00:00	-19,404	-25,053	-21,836	-27,929	-18,574	-24,026	-21,147	-27,050	
23:00:00	-21,222	-27,296	-23,148	-29,617	-20,287	-26,144	-22,398	-28,660	
00:00:00	-23,227	-29,712	-24,330	-31,140	-22,164	-28,422	-23,527	-30,112	

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
U = 1,4					U = 1,3			
08/ago			18/jan		08/ago		18/jan	
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul
01:00:00	-10,066	-12,853	-11,783	-14,839	-9,552	-12,173	-11,238	-14,118
02:00:00	-10,689	-13,673	-12,901	-16,259	-10,137	-12,931	-12,297	-15,460
03:00:00	-11,395	-14,575	-13,079	-16,479	-10,802	-13,789	-12,464	-15,672
04:00:00	-11,905	-15,214	-13,149	-16,548	-11,285	-14,391	-12,529	-15,728
05:00:00	-12,232	-15,612	-13,375	-16,832	-11,599	-14,771	-12,743	-15,996
06:00:00	10,837	-12,684	-13,506	-16,996	11,460	-11,833	-12,868	-16,152
07:00:00	57,934	11,198	-14,048	-17,698	58,540	12,087	-13,383	-16,819
08:00:00	50,437	34,622	-12,394	-2,991	50,992	35,491	-11,762	-2,176
09:00:00	44,004	69,424	8,828	179,448	44,582	70,073	9,394	179,994
10:00:00	55,068	144,449	25,254	312,900	55,595	144,698	25,766	313,330
11:00:00	63,964	235,238	36,617	410,662	64,407	235,307	37,090	411,009
12:00:00	68,231	302,940	42,845	474,680	68,521	302,918	43,278	474,943
13:00:00	68,618	322,968	43,692	486,933	68,876	322,888	44,096	487,149
14:00:00	66,816	299,157	38,489	446,062	67,049	299,051	38,913	446,331
15:00:00	61,444	233,525	28,710	359,557	61,678	233,409	29,125	359,869
16:00:00	50,606	145,801	14,459	238,581	50,874	145,751	14,876	238,949
17:00:00	36,777	69,641	-1,845	85,732	37,069	69,823	-1,415	86,199
18:00:00	20,309	28,854	-9,829	-5,470	20,617	29,259	-9,367	-4,875
19:00:00	3,213	4,027	-10,335	-13,014	3,536	4,476	-9,882	-12,408
20:00:00	-6,250	-9,005	-10,274	-12,904	-5,889	-8,505	-9,813	-12,295
21:00:00	-8,040	-10,399	-10,672	-13,403	-7,647	-9,870	-10,189	-12,764
22:00:00	-8,698	-11,215	-11,128	-13,975	-8,268	-10,631	-10,619	-13,302
23:00:00	-9,319	-11,979	-11,646	-14,626	-8,850	-11,353	-11,108	-13,915
00:00:00	-9,950	-12,779	-12,117	-15,220	-9,440	-12,100	-11,554	-14,475

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]				
Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78)				
	08/ago		18/jan	
	Norte	Sul	Norte	Sul
01:00:00	-15,381	-19,760	-17,078	-21,819
02:00:00	-16,447	-21,161	-18,837	-24,095
03:00:00	-17,593	-22,671	-19,130	-24,453
04:00:00	-18,372	-23,685	-19,240	-24,575
05:00:00	-18,804	-24,251	-19,594	-25,026
06:00:00	4,469	-21,436	-19,792	-25,279
07:00:00	51,959	1,969	-20,612	-26,366
08:00:00	45,011	25,615	-18,607	-10,836
09:00:00	38,199	63,392	3,467	175,240
10:00:00	49,838	143,724	20,560	310,201
11:00:00	59,877	236,760	32,402	408,994
12:00:00	65,243	305,554	39,095	474,029
13:00:00	66,434	326,116	40,247	486,815
14:00:00	64,896	302,591	34,800	445,255
15:00:00	59,400	237,139	25,025	358,061
16:00:00	48,211	148,360	10,692	236,220
17:00:00	34,145	68,896	-5,852	81,903
18:00:00	17,438	25,160	-14,194	-11,095
19:00:00	0,140	-0,251	-14,650	-18,708
20:00:00	-9,735	-13,802	-14,634	-18,639
21:00:00	-11,952	-15,607	-15,276	-19,462
22:00:00	-13,043	-16,965	-16,016	-20,409
23:00:00	-14,097	-18,291	-16,856	-21,484
00:00:00	-15,217	-19,699	-17,617	-22,457

## Hall – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]									
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3
01:00:00	30,516	29,114	29,278	31,889	32,027	17,813	16,159	16,345	19,339	19,494
02:00:00	30,291	28,842	29,012	31,687	31,826	17,625	15,926	16,118	19,179	19,337
03:00:00	30,058	28,555	28,734	31,481	31,623	17,482	15,756	15,952	19,051	19,210
04:00:00	29,839	28,293	28,477	31,284	31,428	17,365	15,624	15,823	18,943	19,103
05:00:00	29,635	28,059	28,247	31,098	31,243	17,240	15,480	15,681	18,829	18,990
06:00:00	29,583	27,996	28,165	31,051	31,197	17,121	15,346	15,549	18,720	18,882
07:00:00	30,243	28,750	28,911	31,698	31,845	16,985	15,185	15,391	18,598	18,761
08:00:00	30,488	28,994	29,139	31,966	32,114	16,904	15,101	15,307	18,516	18,679
09:00:00	30,710	29,174	29,326	32,178	32,325	17,317	15,596	15,784	18,901	19,061
10:00:00	31,176	29,715	29,863	32,605	32,748	18,029	16,390	16,560	19,572	19,729
11:00:00	31,815	30,475	30,603	33,190	33,330	18,916	17,366	17,519	20,421	20,575
12:00:00	32,475	31,263	31,372	33,787	33,915	19,689	18,223	18,365	21,155	21,306
13:00:00	33,007	31,898	31,997	34,258	34,386	20,301	18,891	19,026	21,739	21,887
14:00:00	33,375	32,333	32,425	34,594	34,719	20,658	19,264	19,397	22,092	22,240
15:00:00	33,557	32,558	32,643	34,761	34,884	20,769	19,369	19,504	22,205	22,353
16:00:00	33,511	32,516	32,603	34,724	34,847	20,622	19,207	19,348	22,062	22,210
17:00:00	33,282	32,253	32,352	34,505	34,630	20,153	18,692	18,845	21,608	21,758
18:00:00	32,939	31,861	31,974	34,181	34,308	19,637	18,125	18,288	21,111	21,262
19:00:00	32,520	31,404	31,523	33,776	33,903	19,328	17,792	17,960	20,809	20,961
20:00:00	32,093	30,947	31,071	33,361	33,490	19,143	17,602	17,770	20,627	20,779
21:00:00	31,754	30,565	30,698	33,037	33,167	18,963	17,406	17,577	20,460	20,613
22:00:00	31,485	30,255	30,394	32,785	32,917	18,795	17,218	17,392	20,304	20,458
23:00:00	31,239	29,966	30,111	32,560	32,693	18,630	17,029	17,206	20,151	20,307
00:00:00	31,008	29,679	29,833	32,352	32,487	18,471	16,844	17,025	20,003	20,161

## Escritório

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]							
	U = 5,7		U = 5,2		U = 1,4		U = 1,3	
	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan
	Sul	Sul	Sul	Sul	Sul	Sul	Sul	Sul
01:00:00	-27,680	-29,000	-26,247	-27,949	-10,890	-13,564	-10,297	-12,891
02:00:00	-29,779	-32,010	-28,234	-30,810	-11,631	-14,748	-10,983	-14,010
03:00:00	-31,976	-32,595	-30,316	-31,356	-12,433	-14,933	-11,745	-14,184
04:00:00	-33,342	-32,712	-31,629	-31,473	-13,009	-14,991	-12,289	-14,237
05:00:00	-33,964	-33,260	-32,249	-31,996	-13,374	-15,212	-12,636	-14,445
06:00:00	-31,334	-33,527	-29,625	-32,253	-10,673	-15,328	-9,931	-14,556
07:00:00	-10,371	-34,754	-8,851	-33,432	8,959	-15,875	9,689	-15,075
08:00:00	9,274	-31,865	10,619	-30,627	27,058	-13,993	27,761	-13,230
09:00:00	30,409	7,366	31,387	7,894	44,794	19,332	45,425	19,988
10:00:00	66,558	124,854	65,763	124,014	70,027	125,123	70,436	125,611
11:00:00	145,136	281,341	141,421	279,375	126,188	274,639	126,256	275,023
12:00:00	224,781	350,747	220,571	348,651	194,792	343,566	194,741	343,930
13:00:00	274,137	379,365	270,478	377,287	242,960	372,191	242,905	372,551
14:00:00	283,578	360,857	280,372	359,085	254,885	356,380	254,859	356,798
15:00:00	254,689	302,539	251,548	301,304	228,221	301,702	228,222	302,168
16:00:00	193,081	205,451	190,164	204,915	171,114	209,253	171,152	209,772
17:00:00	110,093	70,651	107,752	70,964	96,755	80,743	96,840	81,344
18:00:00	31,052	-21,646	30,422	-20,511	33,258	-5,774	33,504	-5,099
19:00:00	-8,430	-29,268	-7,444	-28,099	2,601	-13,417	2,998	-12,754
20:00:00	-20,108	-28,899	-18,997	-27,769	-7,674	-13,269	-7,233	-12,608
21:00:00	-22,657	-29,808	-21,431	-28,637	-8,930	-13,628	-8,454	-12,946
22:00:00	-24,699	-30,954	-23,382	-29,729	-9,729	-14,069	-9,200	-13,362
23:00:00	-26,942	-32,299	-25,496	-31,008	-10,480	-14,584	-9,909	-13,847
00:00:00	-29,356	-33,509	-27,757	-32,160	-11,243	-15,051	-10,624	-14,288

(continuação)

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]	
	Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78)	
	08/ago	18/jan
	Sul	Sul
01:00:00	-17,254	-20,346
02:00:00	-18,521	-22,241
03:00:00	-19,867	-22,561
04:00:00	-20,785	-22,658
05:00:00	-21,311	-23,013
06:00:00	-18,685	-23,193
07:00:00	1,109	-24,032
08:00:00	19,526	-21,759
09:00:00	38,214	12,947
10:00:00	66,230	121,013
11:00:00	126,833	271,892
12:00:00	196,933	341,064
13:00:00	245,087	369,731
14:00:00	256,582	353,218
15:00:00	229,614	297,866
16:00:00	171,967	204,652
17:00:00	96,820	74,975
18:00:00	31,141	-12,619
19:00:00	-1,505	-20,129
20:00:00	-12,244	-19,946
21:00:00	-13,960	-20,530
22:00:00	-15,281	-21,254
23:00:00	-16,584	-22,100
00:00:00	-17,936	-22,863

## Escritório – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]									
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3
01:00:00	31,025	30,063	30,174	32,074	32,179	19,104	17,640	17,809	20,422	20,554
02:00:00	30,865	29,866	29,982	31,929	32,036	18,934	17,441	17,614	20,268	20,402
03:00:00	30,693	29,653	29,775	31,776	31,884	18,791	17,283	17,458	20,134	20,268
04:00:00	30,522	29,448	29,575	31,621	31,730	18,660	17,144	17,319	20,007	20,142
05:00:00	30,353	29,253	29,383	31,465	31,575	18,523	16,994	17,172	19,876	20,011
06:00:00	30,196	29,071	29,205	31,318	31,429	18,387	16,849	17,028	19,745	19,881
07:00:00	30,157	29,019	29,152	31,285	31,397	18,238	16,685	16,865	19,605	19,742
08:00:00	30,208	29,066	29,198	31,339	31,451	18,120	16,566	16,747	19,486	19,623
09:00:00	30,332	29,215	29,340	31,453	31,565	18,231	16,730	16,898	19,577	19,712
10:00:00	30,592	29,560	29,656	31,669	31,776	19,069	17,715	17,856	20,324	20,449
11:00:00	31,178	30,337	30,372	32,154	32,254	20,635	19,426	19,543	21,844	21,966
12:00:00	32,035	31,418	31,424	32,937	33,031	22,007	20,873	20,980	23,196	23,317
13:00:00	32,938	32,437	32,446	33,817	33,908	23,145	22,061	22,161	24,321	24,441
14:00:00	33,649	33,216	33,226	34,520	34,610	23,936	22,870	22,969	25,111	25,230
15:00:00	34,046	33,667	33,671	34,906	34,996	24,318	23,247	23,348	25,495	25,615
16:00:00	34,075	33,721	33,720	34,929	35,019	24,228	23,136	23,243	25,407	25,527
17:00:00	33,760	33,384	33,387	34,622	34,712	23,493	22,327	22,445	24,699	24,820
18:00:00	33,305	32,796	32,813	34,203	34,296	22,544	21,260	21,400	23,802	23,928
19:00:00	32,848	32,220	32,277	33,803	33,901	22,026	20,697	20,844	23,303	23,432
20:00:00	32,542	31,872	31,940	33,508	33,606	21,743	20,402	20,550	23,024	23,152
21:00:00	32,350	31,639	31,714	33,325	33,424	21,508	20,152	20,302	22,798	22,927
22:00:00	32,201	31,450	31,532	33,190	33,290	21,300	19,930	20,082	22,600	22,730
23:00:00	32,061	31,270	31,357	33,066	33,168	21,104	19,715	19,870	22,414	22,545
00:00:00	31,918	31,079	31,174	32,940	33,043	20,913	19,505	19,663	22,234	22,366

## Cozinha

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
U = 5,7								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-27,885	-27,458	-25,267	-24,953	-24,548	-24,490	-22,684	-22,799
02:00:00	-29,809	-29,384	-27,038	-26,611	-27,535	-27,473	-25,437	-25,321
03:00:00	-31,783	-31,406	-28,902	-28,307	-28,157	-28,097	-26,010	-26,052
04:00:00	-32,913	-32,631	-30,038	-29,374	-28,330	-28,269	-26,166	-26,495
05:00:00	-33,292	-33,150	-30,530	-29,837	-28,944	-28,883	-26,730	-27,083
06:00:00	-6,226	59,398	57,127	-29,314	-29,291	-29,230	-27,050	-27,414
07:00:00	44,769	384,820	367,301	-20,950	-30,619	-30,554	-28,273	-28,219
08:00:00	-3,919	453,389	434,839	-9,089	-28,215	-5,021	-4,208	-16,668
09:00:00	14,430	461,387	444,175	15,740	-4,593	205,081	194,609	114,889
10:00:00	32,433	414,907	401,654	80,429	14,852	234,591	222,982	208,936
11:00:00	46,285	312,335	305,483	155,245	29,644	195,460	186,317	283,123
12:00:00	56,591	164,120	165,279	213,837	39,358	116,385	111,571	334,568
13:00:00	61,828	60,118	54,039	234,850	42,880	46,109	44,209	348,745
14:00:00	62,214	62,487	59,712	164,429	37,748	37,485	35,849	135,405
15:00:00	57,770	57,850	55,271	60,942	27,537	27,345	26,221	17,336
16:00:00	45,544	45,725	43,783	36,933	11,415	11,327	11,043	5,065
17:00:00	29,333	29,689	28,603	22,943	-8,133	-8,106	-7,344	-9,301
18:00:00	14,970	10,767	10,678	7,149	-18,941	-18,856	-17,479	-16,820
19:00:00	12,478	-10,091	-9,075	-9,734	-19,945	-19,854	-18,417	-17,761
20:00:00	-16,891	-21,415	-19,785	-18,517	-20,129	-20,036	-18,578	-18,341
21:00:00	-24,031	-23,737	-21,918	-20,672	-21,377	-21,282	-19,727	-19,572
22:00:00	-25,730	-25,478	-23,518	-22,349	-22,740	-22,645	-20,984	-20,929
23:00:00	-27,720	-27,424	-25,291	-24,277	-24,243	-24,147	-22,370	-22,405
00:00:00	-29,950	-29,540	-27,209	-26,402	-25,600	-25,505	-23,621	-23,732

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
U = 5,2								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-26,513	-26,138	-24,119	-23,802	-23,693	-23,634	-21,931	-22,031
02:00:00	-28,328	-27,956	-25,796	-25,368	-26,532	-26,468	-24,553	-24,427
03:00:00	-30,197	-29,867	-27,562	-26,973	-27,114	-27,051	-25,090	-25,119
04:00:00	-31,292	-31,042	-28,653	-27,998	-27,283	-27,221	-25,243	-25,541
05:00:00	-31,693	-31,561	-29,143	-28,460	-27,869	-27,806	-25,783	-26,102
06:00:00	-5,317	60,512	58,087	-27,927	-28,202	-28,139	-26,090	-26,420
07:00:00	43,615	384,372	366,826	-19,416	-29,475	-29,409	-27,266	-27,194
08:00:00	-2,339	452,888	434,314	-7,497	-27,154	-4,136	-3,435	-15,900
09:00:00	16,092	460,843	443,602	16,192	-3,966	204,150	193,761	114,020
10:00:00	33,792	413,800	400,546	78,200	15,193	232,952	221,489	207,413
11:00:00	47,307	310,490	303,651	152,495	29,744	193,402	184,429	281,172
12:00:00	57,239	161,178	162,293	210,853	39,277	113,831	109,187	332,241
13:00:00	62,141	59,882	54,103	231,718	42,648	45,575	43,711	346,173
14:00:00	62,352	62,505	59,689	162,254	37,556	37,301	35,665	134,501
15:00:00	57,811	57,810	55,202	60,544	27,461	27,275	26,142	17,327
16:00:00	45,750	45,848	43,860	36,980	11,536	11,451	11,141	5,215
17:00:00	29,813	30,060	28,906	23,210	-7,712	-7,686	-6,976	-8,924
18:00:00	15,239	11,369	11,191	7,617	-18,304	-18,222	-16,919	-16,296
19:00:00	12,066	-9,212	-8,310	-9,029	-19,277	-19,189	-17,830	-17,203
20:00:00	-15,989	-20,391	-18,886	-17,695	-19,456	-19,365	-17,986	-17,757
21:00:00	-22,859	-22,604	-20,926	-19,744	-20,643	-20,549	-19,081	-18,929
22:00:00	-24,485	-24,262	-22,454	-21,338	-21,938	-21,845	-20,278	-20,219
23:00:00	-26,354	-26,090	-24,124	-23,152	-23,366	-23,272	-21,597	-21,622
00:00:00	-28,423	-28,066	-25,923	-25,140	-24,654	-24,561	-22,788	-22,882

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
U = 1,4								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-11,373	-11,342	-10,733	-10,576	-11,874	-11,832	-11,184	-11,217
02:00:00	-12,045	-12,019	-11,376	-11,167	-13,060	-13,014	-12,304	-12,205
03:00:00	-12,780	-12,756	-12,076	-11,796	-13,251	-13,205	-12,499	-12,483
04:00:00	-13,306	-13,274	-12,567	-12,254	-13,333	-13,287	-12,568	-12,648
05:00:00	-13,636	-13,593	-12,868	-12,535	-13,580	-13,533	-12,801	-12,886
06:00:00	8,033	76,084	72,211	-11,705	-13,728	-13,680	-12,941	-13,027
07:00:00	48,126	391,649	373,463	-1,588	-14,321	-14,272	-13,498	-13,392
08:00:00	20,355	459,614	440,367	11,140	-12,838	9,068	8,592	-4,124
09:00:00	35,686	465,807	447,970	30,721	7,653	205,772	195,361	113,869
10:00:00	50,665	413,863	400,153	77,453	24,688	229,750	218,585	204,336
11:00:00	60,794	299,718	292,448	139,993	37,231	184,700	176,195	275,347
12:00:00	66,786	148,750	148,193	191,928	44,789	104,796	100,364	323,178
13:00:00	68,372	67,271	62,310	209,594	46,534	49,536	47,242	335,044
14:00:00	66,994	66,657	63,378	148,332	41,715	41,473	39,444	133,439
15:00:00	62,040	61,717	58,682	61,016	31,841	31,656	30,110	21,520
16:00:00	51,021	50,727	48,232	40,788	16,894	16,793	15,985	10,268
17:00:00	36,757	36,517	34,724	28,480	-0,505	-0,511	-0,455	-2,470
18:00:00	22,215	19,501	18,552	14,356	-9,334	-9,294	-8,794	-8,603
19:00:00	15,811	0,927	0,904	-0,589	-10,058	-10,013	-9,475	-9,180
20:00:00	-5,252	-8,860	-8,398	-8,095	-10,070	-10,024	-9,479	-9,399
21:00:00	-9,998	-9,996	-9,475	-9,053	-10,547	-10,500	-9,930	-9,873
22:00:00	-10,705	-10,683	-10,121	-9,700	-11,070	-11,022	-10,423	-10,398
23:00:00	-11,340	-11,316	-10,719	-10,337	-11,648	-11,599	-10,969	-10,969
00:00:00	-11,989	-11,970	-11,336	-11,006	-12,171	-12,120	-11,463	-11,483

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
U = 1,3								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-10,771	-10,747	-10,178	-10,031	-11,306	-11,266	-10,661	-10,692
02:00:00	-11,402	-11,382	-10,774	-10,586	-12,431	-12,387	-11,723	-11,627
03:00:00	-12,094	-12,075	-11,440	-11,180	-12,618	-12,574	-11,905	-11,891
04:00:00	-12,593	-12,566	-11,906	-11,613	-12,689	-12,644	-11,969	-12,046
05:00:00	-12,910	-12,870	-12,193	-11,882	-12,923	-12,878	-12,190	-12,271
06:00:00	8,713	76,767	72,852	-11,043	-13,063	-13,017	-12,323	-12,405
07:00:00	48,691	392,218	374,002	-0,873	-13,627	-13,580	-12,852	-12,751
08:00:00	21,161	460,209	440,932	11,894	-12,179	9,703	9,187	-3,525
09:00:00	36,494	466,392	448,527	31,386	8,257	206,207	195,776	114,272
10:00:00	51,406	414,358	400,622	77,839	25,241	230,102	218,923	204,668
11:00:00	61,434	300,067	292,777	140,233	37,731	184,980	176,464	275,602
12:00:00	67,322	148,938	148,352	192,060	45,228	105,005	100,561	323,347
13:00:00	68,756	67,567	62,568	209,643	46,916	49,900	47,586	335,149
14:00:00	67,314	66,960	63,661	148,437	42,098	41,854	39,801	133,698
15:00:00	62,343	62,032	58,980	61,268	32,204	32,017	30,450	21,850
16:00:00	51,387	51,085	48,570	41,090	17,257	17,154	16,326	10,604
17:00:00	37,138	36,891	35,077	28,802	-0,108	-0,116	-0,087	-2,110
18:00:00	22,589	19,905	18,931	14,706	-8,890	-8,852	-8,378	-8,207
19:00:00	16,150	1,376	1,322	-0,203	-9,606	-9,564	-9,056	-8,772
20:00:00	-4,778	-8,377	-7,944	-7,676	-9,606	-9,563	-9,049	-8,976
21:00:00	-9,478	-9,480	-8,992	-8,599	-10,056	-10,012	-9,474	-9,424
22:00:00	-10,140	-10,128	-9,600	-9,211	-10,549	-10,504	-9,940	-9,919
23:00:00	-10,741	-10,721	-10,164	-9,808	-11,095	-11,048	-10,455	-10,458
00:00:00	-11,347	-11,334	-10,742	-10,434	-11,589	-11,541	-10,923	-10,944

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78)								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-17,781	-17,653	-16,546	-16,284	-17,484	-17,427	-16,351	-16,388
02:00:00	-18,928	-18,805	-17,627	-17,284	-19,369	-19,307	-18,115	-17,971
03:00:00	-20,142	-20,032	-18,780	-18,324	-19,710	-19,648	-18,438	-18,421
04:00:00	-20,948	-20,849	-19,548	-19,043	-19,843	-19,781	-18,560	-18,702
05:00:00	-21,374	-21,296	-19,967	-19,438	-20,239	-20,176	-18,930	-19,081
06:00:00	1,005	68,919	65,592	-18,722	-20,469	-20,406	-19,146	-19,302
07:00:00	42,825	386,147	368,311	-9,258	-21,371	-21,305	-19,988	-19,855
08:00:00	11,603	453,776	434,890	2,997	-19,532	2,672	2,681	-10,050
09:00:00	26,926	460,132	442,635	23,854	1,736	202,153	191,912	110,466
10:00:00	42,767	409,318	395,898	74,173	19,394	227,188	216,108	201,939
11:00:00	54,138	296,974	289,936	138,594	32,600	183,043	174,577	273,905
12:00:00	61,573	147,999	147,749	191,836	40,877	103,965	99,586	322,780
13:00:00	64,398	63,888	58,734	210,536	43,265	46,584	44,475	335,392
14:00:00	63,719	63,489	60,422	148,437	38,409	38,173	36,369	131,619
15:00:00	58,885	58,645	55,813	58,995	28,669	28,494	27,170	18,677
16:00:00	47,685	47,501	45,227	38,148	13,609	13,523	12,959	7,270
17:00:00	33,055	32,935	31,395	25,486	-4,230	-4,215	-3,870	-5,813
18:00:00	18,593	15,515	14,854	10,995	-13,651	-13,587	-12,753	-12,381
19:00:00	12,718	-3,591	-3,283	-4,410	-14,461	-14,391	-13,516	-13,080
20:00:00	-10,114	-13,834	-12,999	-12,306	-14,570	-14,499	-13,609	-13,454
21:00:00	-15,441	-15,371	-14,442	-13,682	-15,352	-15,280	-14,341	-14,229
22:00:00	-16,569	-16,485	-15,481	-14,740	-16,209	-16,134	-15,141	-15,085
23:00:00	-17,689	-17,592	-16,513	-15,852	-17,150	-17,074	-16,022	-16,012
00:00:00	-18,868	-18,756	-17,596	-17,037	-17,998	-17,922	-16,817	-16,843

## Cozinha – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]									
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3
01:00:00	31,664	30,278	30,440	32,979	33,109	17,937	16,473	16,639	19,284	19,420
02:00:00	31,466	30,046	30,212	32,798	32,930	17,794	16,297	16,468	19,161	19,300
03:00:00	31,257	29,801	29,971	32,610	32,744	17,686	16,170	16,343	19,062	19,202
04:00:00	31,055	29,572	29,745	32,425	32,560	17,593	16,065	16,240	18,974	19,115
05:00:00	30,861	29,359	29,535	32,243	32,379	17,489	15,947	16,124	18,880	19,021
06:00:00	30,822	29,332	29,494	32,203	32,339	17,389	15,833	16,012	18,786	18,928
07:00:00	31,851	30,497	30,626	33,214	33,352	17,271	15,697	15,879	18,681	18,824
08:00:00	32,758	31,358	31,505	34,126	34,262	17,222	15,647	15,827	18,627	18,769
09:00:00	33,601	32,219	32,365	34,955	35,090	17,916	16,477	16,629	19,261	19,396
10:00:00	34,319	32,995	33,124	35,634	35,765	18,675	17,331	17,462	19,974	20,106
11:00:00	34,794	33,538	33,652	36,067	36,194	19,215	17,934	18,049	20,482	20,612
12:00:00	34,927	33,761	33,855	36,151	36,275	19,532	18,310	18,415	20,767	20,894
13:00:00	34,799	33,654	33,761	36,026	36,143	19,646	18,435	18,547	20,884	21,011
14:00:00	34,767	33,649	33,758	35,979	36,097	19,672	18,446	18,565	20,916	21,043
15:00:00	34,698	33,592	33,703	35,921	36,040	19,630	18,392	18,516	20,874	21,001
16:00:00	34,606	33,486	33,600	35,835	35,958	19,568	18,324	18,452	20,813	20,940
17:00:00	34,464	33,310	33,430	35,698	35,821	19,412	18,136	18,272	20,669	20,797
18:00:00	34,254	33,072	33,195	35,498	35,622	19,220	17,906	18,049	20,497	20,626
19:00:00	34,007	32,816	32,937	35,256	35,381	19,086	17,758	17,904	20,370	20,500
20:00:00	33,692	32,473	32,607	34,962	35,089	18,999	17,664	17,811	20,282	20,412
21:00:00	33,428	32,179	32,320	34,710	34,837	18,899	17,545	17,694	20,191	20,322
22:00:00	33,203	31,922	32,067	34,496	34,624	18,796	17,419	17,571	20,100	20,232
23:00:00	32,985	31,670	31,820	34,291	34,421	18,686	17,287	17,442	20,005	20,138
00:00:00	32,767	31,410	31,566	34,091	34,221	18,572	17,154	17,312	19,906	20,041

## Casa de Banho

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]							
	U = 5,7		U = 5,2		U = 1,4		U = 1,3	
	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan
	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste
01:00:00	-24,343	-23,059	-23,039	-22,222	-9,495	-10,887	-8,983	-10,355
02:00:00	-26,670	-26,203	-25,224	-25,203	-10,263	-12,106	-9,700	-11,512
03:00:00	-29,066	-27,039	-27,481	-25,986	-11,093	-12,371	-10,483	-11,761
04:00:00	-30,611	-27,394	-28,958	-26,324	-11,719	-12,498	-11,074	-11,879
05:00:00	-31,373	-28,155	-29,713	-27,046	-12,147	-12,786	-11,482	-12,150
06:00:00	-29,359	-28,641	-27,669	-27,507	-9,773	-12,970	-9,098	-12,325
07:00:00	-10,148	-30,030	-8,599	-28,834	8,413	-13,566	9,079	-12,890
08:00:00	8,054	-27,633	9,475	-26,502	25,317	-11,960	25,957	-11,315
09:00:00	28,162	-2,024	29,204	-1,377	41,921	9,598	42,488	10,159
10:00:00	47,815	18,863	48,360	19,094	56,825	26,738	57,283	27,211
11:00:00	62,273	34,315	62,344	34,202	66,375	38,949	66,684	39,340
12:00:00	71,542	43,955	71,209	43,586	71,146	45,916	71,330	46,232
13:00:00	75,222	47,053	74,644	46,545	72,032	47,321	72,128	47,585
14:00:00	118,617	41,830	115,343	41,370	99,455	42,395	99,298	42,650
15:00:00	241,920	31,563	238,036	31,222	210,028	32,641	209,807	32,882
16:00:00	347,705	57,823	344,998	57,138	326,536	55,556	326,442	55,746
17:00:00	390,130	68,864	388,598	68,301	380,167	68,073	380,208	68,288
18:00:00	362,664	-5,966	361,687	-5,615	357,988	0,580	358,107	0,928
19:00:00	200,927	-15,781	200,670	-15,295	202,913	-8,162	203,129	-7,796
20:00:00	5,734	-16,260	6,362	-15,749	13,872	-8,273	14,196	-7,895
21:00:00	-17,414	-17,777	-16,540	-17,187	-7,205	-8,841	-6,833	-8,430
22:00:00	-19,737	-19,405	-18,741	-18,731	-8,058	-9,449	-7,634	-9,003
23:00:00	-22,252	-21,164	-21,090	-20,398	-8,849	-10,106	-8,378	-9,622
00:00:00	-24,958	-22,773	-23,599	-21,922	-9,636	-10,706	-9,112	-10,188

(continuação)

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]	
	Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78)	
	08/ago	18/jan
	Oeste	Oeste
01:00:00	-15,049	-16,210
02:00:00	-16,384	-18,163
03:00:00	-17,793	-18,623
04:00:00	-18,798	-18,848
05:00:00	-19,418	-19,319
06:00:00	-17,191	-19,620
07:00:00	1,104	-20,540
08:00:00	18,295	-18,625
09:00:00	35,871	4,020
10:00:00	52,176	22,248
11:00:00	63,333	35,445
12:00:00	69,696	43,305
13:00:00	71,625	45,367
14:00:00	102,394	40,432
15:00:00	213,939	30,751
16:00:00	328,809	54,290
17:00:00	380,606	66,487
18:00:00	357,417	-2,640
19:00:00	201,059	-11,643
20:00:00	10,589	-11,920
21:00:00	-11,096	-12,854
22:00:00	-12,535	-13,856
23:00:00	-13,914	-14,938
00:00:00	-15,335	-15,924

### Casa de banho – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]									
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3	Vidro instalado	U = 5,7	U = 5,2	U = 1,4	U = 1,3
01:00:00	30,491	29,614	29,712	31,432	31,527	17,412	16,224	16,360	18,483	18,590
02:00:00	30,416	29,525	29,626	31,363	31,458	17,356	16,151	16,291	18,436	18,544
03:00:00	30,332	29,424	29,527	31,285	31,381	17,310	16,095	16,236	18,394	18,502
04:00:00	30,243	29,320	29,425	31,202	31,298	17,264	16,045	16,187	18,350	18,459
05:00:00	30,151	29,215	29,322	31,114	31,211	17,212	15,985	16,128	18,301	18,410
06:00:00	30,058	29,109	29,218	31,027	31,124	17,157	15,925	16,069	18,248	18,357
07:00:00	30,011	29,055	29,164	30,986	31,084	17,092	15,852	15,996	18,187	18,296
08:00:00	30,001	29,037	29,147	30,983	31,081	17,040	15,801	15,945	18,133	18,242
09:00:00	30,019	29,064	29,171	31,001	31,099	17,048	15,837	15,976	18,129	18,238
10:00:00	30,074	29,136	29,239	31,037	31,133	17,091	15,907	16,040	18,161	18,268
11:00:00	30,144	29,240	29,339	31,082	31,176	17,148	15,990	16,118	18,206	18,313
12:00:00	30,209	29,348	29,442	31,129	31,221	17,212	16,078	16,203	18,260	18,365
13:00:00	30,270	29,435	29,524	31,178	31,270	17,277	16,161	16,284	18,316	18,421
14:00:00	30,397	29,614	29,679	31,273	31,363	17,329	16,223	16,344	18,365	18,471
15:00:00	30,693	29,973	30,023	31,544	31,631	17,375	16,276	16,396	18,411	18,516
16:00:00	31,055	30,376	30,430	31,907	31,995	17,460	16,378	16,495	18,486	18,590
17:00:00	31,409	30,727	30,789	32,270	32,358	17,575	16,507	16,623	18,592	18,695
18:00:00	31,673	30,983	31,050	32,540	32,629	17,540	16,446	16,568	18,570	18,675
19:00:00	31,701	30,989	31,062	32,573	32,662	17,530	16,430	16,552	18,563	18,668
20:00:00	31,513	30,753	30,834	32,402	32,493	17,549	16,448	16,571	18,584	18,689
21:00:00	31,395	30,596	30,683	32,300	32,391	17,562	16,456	16,580	18,602	18,707
22:00:00	31,331	30,517	30,607	32,244	32,336	17,568	16,455	16,580	18,612	18,717
23:00:00	31,280	30,457	30,547	32,192	32,284	17,564	16,442	16,568	18,613	18,719
00:00:00	31,227	30,389	30,482	32,144	32,236	17,551	16,421	16,548	18,605	18,712

## Estudo do efeito do fator solar

### Sala

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]							
	SHG = 0,61				SHG = 0,47			
	08/ago		18/jan		08/ago		18/jan	
	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul
01:00:00	-12,312	-12,527	-17,468	-17,573	-10,052	-10,264	-15,786	-15,891
02:00:00	-13,503	-13,737	-19,240	-19,386	-11,288	-11,519	-17,591	-17,738
03:00:00	-14,778	-15,036	-19,564	-19,694	-12,613	-12,868	-17,942	-18,072
04:00:00	-15,676	-15,945	-19,690	-19,795	-13,568	-13,835	-18,091	-18,196
05:00:00	-16,225	-16,499	-20,050	-20,156	-14,180	-14,452	-18,477	-18,584
06:00:00	55,016	-14,945	-20,250	-20,356	41,672	-13,328	-18,704	-18,811
07:00:00	304,688	-2,300	-21,052	-21,209	235,936	-3,760	-19,537	-19,695
08:00:00	358,352	9,914	-2,018	-13,499	277,682	5,554	-4,425	-13,883
09:00:00	362,188	26,586	150,629	85,603	277,340	18,644	113,367	60,842
10:00:00	320,456	56,197	166,398	164,230	240,647	39,236	123,632	121,579
11:00:00	218,767	98,392	122,756	222,229	160,918	68,687	89,202	167,619
12:00:00	95,559	136,440	55,208	259,196	68,855	97,114	38,428	198,445
13:00:00	46,962	150,090	23,779	267,406	37,741	107,935	17,519	206,259
14:00:00	48,225	137,087	17,712	243,222	38,338	98,668	12,673	187,148
15:00:00	44,580	102,006	10,943	195,015	35,518	73,169	7,648	148,641
16:00:00	36,791	62,287	1,047	125,081	29,482	45,833	0,154	93,941
17:00:00	26,577	31,616	-10,342	38,100	21,633	25,408	-8,737	27,675
18:00:00	14,037	14,459	-16,116	-12,660	12,058	12,313	-13,558	-11,040
19:00:00	0,233	0,204	-16,269	-16,420	1,371	1,279	-13,783	-13,941
20:00:00	-7,486	-7,766	-16,225	-16,331	-4,840	-5,123	-13,810	-13,918
21:00:00	-8,957	-9,251	-16,840	-16,945	-6,258	-6,548	-14,502	-14,608
22:00:00	-10,261	-10,556	-17,569	-17,671	-7,658	-7,950	-15,293	-15,396
23:00:00	-11,479	-11,768	-18,399	-18,501	-8,930	-9,216	-16,180	-16,282
00:00:00	-12,724	-13,005	-19,147	-19,249	-10,217	-10,494	-16,982	-17,084

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
SHG = 0,35					SHG = 0,23			
08/ago			18/jan		08/ago		18/jan	
	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul
01:00:00	-8,030	-8,239	-14,332	-14,436	-6,933	-7,140	-13,219	-13,323
02:00:00	-9,305	-9,533	-16,167	-16,315	-8,228	-8,454	-15,077	-15,226
03:00:00	-10,673	-10,925	-16,540	-16,670	-9,618	-9,869	-15,467	-15,597
04:00:00	-11,679	-11,942	-16,708	-16,813	-10,650	-10,912	-15,648	-15,754
05:00:00	-12,346	-12,615	-17,117	-17,224	-11,347	-11,614	-16,075	-16,182
06:00:00	29,906	-11,904	-17,367	-17,474	16,849	-11,167	-16,342	-16,450
07:00:00	175,495	-5,163	-18,228	-18,387	115,590	-6,251	-17,224	-17,384
08:00:00	206,701	1,591	-6,528	-14,626	136,964	-1,193	-8,951	-13,763
09:00:00	205,223	12,331	81,598	37,295	139,089	5,681	53,545	26,787
10:00:00	173,482	25,250	86,864	84,751	122,313	18,189	60,128	58,932
11:00:00	106,598	40,864	56,662	121,422	85,029	37,370	44,270	84,111
12:00:00	44,111	58,977	21,370	146,209	38,588	54,867	18,788	101,141
13:00:00	29,086	67,011	11,208	153,005	22,197	61,875	7,181	105,843
14:00:00	29,823	61,510	7,578	138,599	22,867	57,515	4,693	96,048
15:00:00	27,757	45,814	4,195	109,308	21,426	43,486	2,346	76,389
16:00:00	23,278	31,927	-1,015	67,675	18,226	26,981	-1,466	47,734
17:00:00	17,428	20,837	-7,489	18,087	14,003	15,184	-6,442	12,779
18:00:00	10,325	10,455	-11,373	-9,770	8,646	8,648	-9,747	-8,445
19:00:00	2,411	2,268	-11,656	-11,810	2,603	2,425	-10,042	-10,202
20:00:00	-2,474	-2,757	-11,741	-11,849	-1,322	-1,608	-10,163	-10,273
21:00:00	-3,845	-4,130	-12,497	-12,603	-2,643	-2,928	-10,965	-11,073
22:00:00	-5,326	-5,613	-13,340	-13,443	-4,160	-4,446	-11,847	-11,950
23:00:00	-6,644	-6,926	-14,273	-14,375	-5,498	-5,779	-12,814	-12,917
00:00:00	-7,966	-8,240	-15,119	-15,221	-6,835	-7,107	-13,693	-13,795

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]				
Vidro instalado (SHG = 0,78)				
	08/ago		18/jan	
	Este	Sul	Este	Sul
01:00:00	-16,117	-16,335	-19,743	-19,847
02:00:00	-17,230	-17,466	-21,473	-21,619
03:00:00	-18,417	-18,677	-21,760	-21,889
04:00:00	-19,218	-19,489	-21,853	-21,958
05:00:00	-19,665	-19,939	-22,176	-22,281
06:00:00	70,990	-17,726	-22,339	-22,444
07:00:00	391,551	-0,475	-23,098	-23,254
08:00:00	461,931	15,990	0,858	-11,949
09:00:00	470,166	42,349	198,817	122,572
10:00:00	420,167	99,224	222,024	219,772
11:00:00	307,010	165,731	176,047	292,727
12:00:00	155,288	215,855	95,080	339,052
13:00:00	60,245	231,137	35,306	348,560
14:00:00	61,330	213,257	26,103	317,314
15:00:00	56,352	166,105	16,642	255,048
16:00:00	45,860	103,644	3,026	164,599
17:00:00	32,422	45,172	-12,301	52,508
18:00:00	15,935	16,618	-19,607	-14,663
19:00:00	-2,303	-2,249	-19,676	-19,825
20:00:00	-12,158	-12,437	-19,499	-19,604
21:00:00	-13,672	-13,973	-20,008	-20,113
22:00:00	-14,793	-15,096	-20,648	-20,750
23:00:00	-15,906	-16,203	-21,399	-21,501
00:00:00	-17,075	-17,361	-22,074	-22,176

### Sala – Temperatura interior

Temperatura Interior [°C]										
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	SHG				Vidro instalado	SHG			
		0,61	0,47	0,35	0,23		0,61	0,47	0,35	0,23
01:00:00	31,180	29,106	27,858	26,734	26,120	19,655	18,258	17,215	16,307	15,606
02:00:00	30,986	28,957	27,736	26,636	26,035	19,473	18,102	17,078	16,185	15,497
03:00:00	30,782	28,794	27,599	26,522	25,933	19,320	17,974	16,969	16,093	15,416
04:00:00	30,582	28,634	27,463	26,407	25,830	19,185	17,863	16,877	16,017	15,353
05:00:00	30,388	28,479	27,330	26,295	25,728	19,042	17,745	16,776	15,931	15,279
06:00:00	30,267	28,386	27,261	26,241	25,680	18,903	17,629	16,677	15,847	15,206
07:00:00	30,787	28,804	27,643	26,581	25,978	18,752	17,499	16,563	15,747	15,118
08:00:00	31,351	29,234	28,010	26,878	26,219	18,674	17,424	16,502	15,690	15,079
09:00:00	31,906	29,611	28,339	27,139	26,417	19,871	18,318	17,269	16,253	15,653
10:00:00	32,600	29,909	28,543	27,249	26,569	21,260	19,440	18,169	16,973	16,238
11:00:00	33,339	30,221	28,712	27,165	26,736	22,453	20,376	18,923	17,570	16,713
12:00:00	33,981	30,572	28,932	27,219	26,940	23,490	21,156	19,566	18,088	17,107
13:00:00	34,418	30,948	29,212	27,456	27,149	24,269	21,815	20,105	18,537	17,412
14:00:00	34,762	31,193	29,405	27,623	27,280	24,780	22,221	20,414	18,769	17,563
15:00:00	34,837	31,206	29,452	27,679	27,261	24,945	22,344	20,476	18,796	17,561
16:00:00	34,651	31,119	29,411	27,726	27,152	24,725	22,165	20,291	18,625	17,403
17:00:00	34,250	31,047	29,350	27,770	27,056	24,001	21,588	19,813	18,230	17,061
18:00:00	33,834	30,895	29,239	27,709	26,983	23,149	20,927	19,271	17,816	16,711
19:00:00	33,463	30,679	29,083	27,620	26,897	22,636	20,547	18,978	17,610	16,551
20:00:00	33,131	30,467	28,925	27,525	26,825	22,335	20,330	18,825	17,514	16,497
21:00:00	32,880	30,307	28,814	27,461	26,783	22,080	20,140	18,684	17,417	16,435
22:00:00	32,669	30,171	28,720	27,405	26,745	21,852	19,970	18,557	17,327	16,374
23:00:00	32,470	30,037	28,623	27,342	26,698	21,635	19,805	18,431	17,235	16,309
00:00:00	32,270	29,900	28,521	27,272	26,642	21,425	19,642	18,305	17,140	16,238

**Hall**

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]									
SHG = 0,61					SHG = 0,47				
08/ago			18/jan		08/ago		18/jan		
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	
01:00:00	-11,605	-15,052	-15,252	-19,497	-9,280	-12,148	-13,923	-17,814	
02:00:00	-12,750	-16,550	-17,045	-21,824	-10,474	-13,707	-15,743	-20,174	
03:00:00	-13,991	-18,169	-17,365	-22,215	-11,771	-15,391	-16,081	-20,588	
04:00:00	-14,877	-19,301	-17,497	-22,365	-12,724	-16,597	-16,228	-20,756	
05:00:00	-15,426	-19,994	-17,878	-22,850	-13,348	-17,371	-16,628	-21,265	
06:00:00	0,791	-17,965	-18,103	-23,136	-1,559	-15,863	-16,872	-21,576	
07:00:00	30,817	-0,494	-18,956	-24,266	19,795	-2,568	-17,748	-22,735	
08:00:00	24,327	17,189	-17,299	-13,700	15,367	10,883	-16,316	-14,827	
09:00:00	25,940	40,695	-0,626	123,181	18,586	29,128	-3,176	87,950	
10:00:00	36,460	82,199	12,401	231,892	26,868	57,650	7,194	172,063	
11:00:00	44,810	140,635	21,510	310,389	33,964	98,099	14,523	234,190	
12:00:00	49,636	192,512	26,896	362,083	38,328	136,656	19,070	277,147	
13:00:00	51,159	210,946	28,141	373,176	40,141	151,285	20,383	287,713	
14:00:00	50,358	193,628	24,139	341,068	39,873	138,810	17,351	262,334	
15:00:00	46,258	144,753	17,169	273,640	36,755	103,280	12,206	208,552	
16:00:00	38,065	88,291	6,794	179,493	30,484	64,508	4,404	135,038	
17:00:00	27,662	46,333	-5,431	59,876	22,584	36,723	-5,010	43,720	
18:00:00	15,120	21,030	-11,923	-10,276	13,024	17,732	-10,305	-9,515	
19:00:00	1,721	2,000	-12,346	-15,786	2,712	3,065	-10,691	-13,706	
20:00:00	-5,995	-8,471	-12,364	-15,776	-3,556	-5,303	-10,734	-13,721	
21:00:00	-7,634	-10,212	-13,058	-16,663	-5,041	-6,966	-11,461	-14,650	
22:00:00	-8,902	-11,770	-13,840	-17,662	-6,412	-8,640	-12,270	-15,683	
23:00:00	-10,033	-13,200	-14,717	-18,783	-7,587	-10,130	-13,172	-16,834	
00:00:00	-11,201	-14,688	-15,514	-19,801	-8,782	-11,665	-13,993	-17,882	

(continuação)

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]							
	SHG = 0,35				SHG = 0,23			
	08/ago		18/jan		08/ago		18/jan	
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul
01:00:00	-7,208	-9,560	-12,766	-16,356	-6,012	-8,063	-11,908	-15,269
02:00:00	-8,443	-11,169	-14,611	-18,740	-7,272	-9,703	-13,764	-17,665
03:00:00	-9,789	-12,910	-14,965	-19,173	-8,645	-11,476	-14,128	-18,113
04:00:00	-10,800	-14,180	-15,124	-19,357	-9,690	-12,784	-14,297	-18,308
05:00:00	-11,489	-15,024	-15,541	-19,887	-10,417	-13,669	-14,725	-18,853
06:00:00	-4,049	-14,030	-15,801	-20,218	-4,257	-13,054	-14,997	-19,198
07:00:00	8,799	-4,431	-16,698	-21,404	7,463	-6,297	-15,909	-20,404
08:00:00	7,631	5,309	-15,475	-16,314	4,722	0,971	-14,818	-15,537
09:00:00	12,142	20,137	-5,571	54,933	6,780	10,363	-7,008	40,024
10:00:00	18,457	37,744	2,367	120,475	12,389	27,369	-0,632	84,497
11:00:00	24,470	58,624	8,053	169,931	17,599	53,757	4,028	118,256
12:00:00	28,557	82,819	11,811	204,331	21,451	77,418	7,319	141,800
13:00:00	30,621	93,568	13,174	213,536	23,630	86,716	8,748	148,017
14:00:00	30,816	86,055	11,005	194,395	24,120	80,770	7,159	134,950
15:00:00	28,529	64,140	7,539	153,497	22,474	61,198	4,750	107,459
16:00:00	24,004	44,529	2,114	97,520	19,148	37,821	0,806	69,007
17:00:00	18,292	30,025	-4,713	29,217	14,959	21,552	-4,393	20,842
18:00:00	11,233	14,896	-8,915	-9,015	9,664	12,477	-7,902	-8,162
19:00:00	3,685	4,002	-9,266	-11,916	3,665	4,228	-8,229	-10,607
20:00:00	-1,332	-2,492	-9,318	-11,937	-0,249	-0,948	-8,278	-10,628
21:00:00	-2,738	-4,080	-10,073	-12,900	-1,471	-2,484	-9,050	-11,612
22:00:00	-4,193	-5,848	-10,904	-13,961	-2,970	-4,306	-9,896	-12,690
23:00:00	-5,404	-7,390	-11,827	-15,138	-4,202	-5,876	-10,831	-13,883
00:00:00	-6,622	-8,963	-12,668	-16,211	-5,432	-7,471	-11,686	-14,973

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]				
Vidro instalado (SHG = 0,78)				
	08/ago		18/jan	
	Norte	Sul	Norte	Sul
01:00:00	-15,381	-19,760	-17,078	-21,819
02:00:00	-16,447	-21,161	-18,837	-24,095
03:00:00	-17,593	-22,671	-19,130	-24,453
04:00:00	-18,372	-23,685	-19,240	-24,575
05:00:00	-18,804	-24,251	-19,594	-25,026
06:00:00	4,469	-21,436	-19,792	-25,279
07:00:00	51,959	1,969	-20,612	-26,366
08:00:00	45,011	25,615	-18,607	-10,836
09:00:00	38,199	63,392	3,467	175,240
10:00:00	49,838	143,724	20,560	310,201
11:00:00	59,877	236,760	32,402	408,994
12:00:00	65,243	305,554	39,095	474,029
13:00:00	66,434	326,116	40,247	486,815
14:00:00	64,896	302,591	34,800	445,255
15:00:00	59,400	237,139	25,025	358,061
16:00:00	48,211	148,360	10,692	236,220
17:00:00	34,145	68,896	-5,852	81,903
18:00:00	17,438	25,160	-14,194	-11,095
19:00:00	0,140	-0,251	-14,650	-18,708
20:00:00	-9,735	-13,802	-14,634	-18,639
21:00:00	-11,952	-15,607	-15,276	-19,462
22:00:00	-13,043	-16,965	-16,016	-20,409
23:00:00	-14,097	-18,291	-16,856	-21,484
00:00:00	-15,217	-19,699	-17,617	-22,457

## Hall – Temperatura interior

Temperatura Interior [°C]										
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	SHG				Vidro instalado	SHG			
		0,61	0,47	0,35	0,23		0,61	0,47	0,35	0,23
01:00:00	30,516	28,526	27,286	26,173	25,526	17,813	16,690	15,868	15,147	14,604
02:00:00	30,291	28,343	27,131	26,042	25,410	17,625	16,522	15,712	15,003	14,469
03:00:00	30,058	28,150	26,963	25,897	25,279	17,482	16,397	15,601	14,903	14,377
04:00:00	29,839	27,968	26,805	25,759	25,154	17,365	16,299	15,517	14,831	14,313
05:00:00	29,635	27,798	26,658	25,632	25,039	17,240	16,192	15,422	14,747	14,238
06:00:00	29,583	27,723	26,597	25,559	25,005	17,121	16,090	15,332	14,668	14,167
07:00:00	30,243	28,038	26,838	25,647	25,224	16,985	15,969	15,223	14,569	14,075
08:00:00	30,488	28,121	26,909	25,724	25,245	16,904	15,898	15,163	14,516	14,032
09:00:00	30,710	28,411	27,166	25,984	25,371	17,317	16,208	15,443	14,733	14,266
10:00:00	31,176	28,818	27,515	26,275	25,627	18,029	16,769	15,931	15,132	14,636
11:00:00	31,815	29,307	27,932	26,602	25,984	18,916	17,520	16,603	15,723	15,169
12:00:00	32,475	29,830	28,370	26,970	26,368	19,689	18,152	17,138	16,174	15,548
13:00:00	33,007	30,260	28,740	27,290	26,659	20,301	18,655	17,561	16,528	15,842
14:00:00	33,375	30,555	28,991	27,503	26,845	20,658	18,940	17,789	16,708	15,981
15:00:00	33,557	30,693	29,099	27,591	26,911	20,769	19,030	17,847	16,747	15,995
16:00:00	33,511	30,686	29,078	27,586	26,872	20,622	18,916	17,735	16,649	15,895
17:00:00	33,282	30,564	28,963	27,513	26,766	20,153	18,531	17,377	16,341	15,603
18:00:00	32,939	30,342	28,775	27,354	26,604	19,637	18,112	17,007	16,028	15,308
19:00:00	32,520	30,037	28,535	27,163	26,408	19,328	17,868	16,804	15,866	15,169
20:00:00	32,093	29,710	28,268	26,966	26,230	19,143	17,728	16,696	15,786	15,109
21:00:00	31,754	29,464	28,070	26,812	26,109	18,963	17,583	16,575	15,688	15,027
22:00:00	31,485	29,257	27,901	26,679	25,999	18,795	17,445	16,459	15,591	14,943
23:00:00	31,239	29,064	27,741	26,548	25,886	18,630	17,308	16,342	15,492	14,856
00:00:00	31,008	28,883	27,591	26,427	25,781	18,471	17,175	16,227	15,393	14,769

**Escritório**

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]							
	SHG = 0,61		SHG = 0,47		SHG = 0,35		SHG = 0,23	
	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan
	Sul	Sul	Sul	Sul	Sul	Sul	Sul	Sul
01:00:00	-13,182	-17,967	-10,858	-16,192	-8,770	-14,661	-7,777	-13,456
02:00:00	-14,527	-19,904	-12,246	-18,163	-10,195	-16,667	-9,217	-15,486
03:00:00	-15,962	-20,263	-13,730	-18,549	-11,720	-17,076	-10,760	-15,912
04:00:00	-16,980	-20,394	-14,805	-18,704	-12,845	-17,250	-11,906	-16,101
05:00:00	-17,613	-20,787	-15,500	-19,125	-13,596	-17,695	-12,682	-16,564
06:00:00	-15,798	-21,006	-14,223	-19,372	-12,798	-17,966	-12,196	-16,855
07:00:00	-1,319	-21,889	-3,334	-20,290	-5,086	-18,913	-6,593	-17,825
08:00:00	12,368	-20,027	7,115	-18,697	2,529	-17,565	-0,901	-16,634
09:00:00	26,568	5,073	18,254	0,587	10,979	-3,802	5,734	-5,313
10:00:00	44,343	85,272	32,507	61,277	23,027	38,752	13,711	27,918
11:00:00	75,162	204,085	53,748	152,426	36,025	107,546	27,200	76,451
12:00:00	119,702	259,932	84,667	197,202	51,838	143,994	47,844	101,096
13:00:00	157,793	283,547	113,234	218,172	70,119	161,688	65,073	112,738
14:00:00	169,883	271,639	123,292	210,294	77,762	156,527	70,922	108,429
15:00:00	149,952	229,166	108,655	177,205	68,138	131,920	63,332	91,533
16:00:00	107,227	157,014	77,087	120,151	48,090	88,802	45,923	61,943
17:00:00	57,229	56,761	41,752	42,370	28,307	30,175	25,233	20,720
18:00:00	20,705	-10,791	17,066	-9,465	14,674	-8,378	10,694	-7,391
19:00:00	1,160	-16,570	2,155	-13,965	3,081	-11,733	2,930	-9,991
20:00:00	-7,292	-16,522	-4,661	-13,976	-2,283	-11,805	-1,372	-10,092
21:00:00	-8,963	-17,215	-6,264	-14,747	-3,826	-12,639	-2,847	-10,975
22:00:00	-10,472	-18,027	-7,861	-15,624	-5,500	-13,569	-4,542	-11,944
23:00:00	-11,878	-18,951	-9,314	-16,604	-6,995	-14,595	-6,048	-13,006
00:00:00	-13,304	-19,787	-10,775	-17,494	-8,486	-15,528	-7,547	-13,973

(continuação)

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]	
	Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78)	
	08/ago	18/jan
	Sul	Sul
01:00:00	-17,254	-20,346
02:00:00	-18,521	-22,241
03:00:00	-19,867	-22,561
04:00:00	-20,785	-22,658
05:00:00	-21,311	-23,013
06:00:00	-18,685	-23,193
07:00:00	1,109	-24,032
08:00:00	19,526	-21,759
09:00:00	38,214	12,947
10:00:00	66,230	121,013
11:00:00	126,833	271,892
12:00:00	196,933	341,064
13:00:00	245,087	369,731
14:00:00	256,582	353,218
15:00:00	229,614	297,866
16:00:00	171,967	204,652
17:00:00	96,820	74,975
18:00:00	31,141	-12,619
19:00:00	-1,505	-20,129
20:00:00	-12,244	-19,946
21:00:00	-13,960	-20,530
22:00:00	-15,281	-21,254
23:00:00	-16,584	-22,100
00:00:00	-17,936	-22,863

## Escritório – Temperatura interior

Temperatura Interior [°C]										
08/ago						18/jan				
	Vidro instalado	SHG				Vidro instalado	SHG			
		0,61	0,47	0,35	0,23		0,61	0,47	0,35	0,23
01:00:00	31,025	28,971	27,786	26,714	26,202	19,104	17,742	16,715	15,826	15,117
02:00:00	30,865	28,852	27,690	26,639	26,137	18,934	17,596	16,588	15,713	15,017
03:00:00	30,693	28,719	27,579	26,548	26,054	18,791	17,478	16,488	15,629	14,944
04:00:00	30,522	28,585	27,467	26,455	25,969	18,660	17,371	16,399	15,556	14,884
05:00:00	30,353	28,453	27,354	26,360	25,883	18,523	17,256	16,301	15,473	14,813
06:00:00	30,196	28,328	27,250	26,273	25,804	18,387	17,143	16,205	15,391	14,743
07:00:00	30,157	28,287	27,220	26,243	25,784	18,238	17,014	16,093	15,292	14,655
08:00:00	30,208	28,313	27,241	26,251	25,794	18,120	16,916	16,010	15,223	14,598
09:00:00	30,332	28,399	27,313	26,301	25,838	18,231	16,977	16,079	15,272	14,683
10:00:00	30,592	28,538	27,442	26,418	25,911	19,069	17,582	16,590	15,634	15,063
11:00:00	31,178	28,685	27,584	26,502	26,049	20,635	18,865	17,635	16,466	15,756
12:00:00	32,035	29,118	27,869	26,572	26,399	22,007	19,965	18,520	17,195	16,302
13:00:00	32,938	29,789	28,338	26,834	26,773	23,145	20,873	19,259	17,793	16,730
14:00:00	33,649	30,349	28,769	27,126	27,042	23,936	21,497	19,754	18,177	16,981
15:00:00	34,046	30,624	28,965	27,267	27,150	24,318	21,790	19,964	18,325	17,057
16:00:00	34,075	30,600	28,944	27,276	27,098	24,228	21,705	19,849	18,209	16,935
17:00:00	33,760	30,404	28,843	27,294	26,936	23,493	21,123	19,346	17,786	16,562
18:00:00	33,305	30,265	28,755	27,323	26,802	22,544	20,376	18,737	17,309	16,168
19:00:00	32,848	30,099	28,623	27,258	26,721	22,026	19,983	18,433	17,090	16,008
20:00:00	32,542	29,930	28,508	27,204	26,682	21,743	19,782	18,295	17,006	15,969
21:00:00	32,350	29,827	28,448	27,187	26,677	21,508	19,614	18,177	16,931	15,930
22:00:00	32,201	29,748	28,403	27,175	26,676	21,300	19,460	18,067	16,859	15,889
23:00:00	32,061	29,669	28,355	27,157	26,667	21,104	19,313	17,957	16,782	15,839
00:00:00	31,918	29,582	28,297	27,126	26,645	20,913	19,168	17,847	16,701	15,783

## Cozinha

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
SHG = 0,61								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-13,680	-13,618	-12,776	-12,336	-15,641	-15,588	-14,623	-14,585
02:00:00	-14,902	-14,844	-13,927	-13,407	-17,552	-17,495	-16,415	-16,191
03:00:00	-16,211	-16,156	-15,161	-14,529	-17,916	-17,859	-16,759	-16,665
04:00:00	-17,128	-17,070	-16,017	-15,339	-18,068	-18,011	-16,900	-16,966
05:00:00	-17,678	-17,620	-16,533	-15,835	-18,489	-18,431	-17,293	-17,370
06:00:00	-5,811	53,467	50,856	-15,282	-18,745	-18,687	-17,533	-17,615
07:00:00	15,739	301,158	287,085	-8,081	-19,678	-19,617	-18,404	-18,196
08:00:00	6,074	352,539	337,688	0,816	-18,113	-0,576	-0,415	-11,573
09:00:00	18,394	354,807	341,163	14,109	-1,961	153,250	145,444	77,115
10:00:00	30,791	312,072	301,744	39,589	11,467	170,340	162,023	151,140
11:00:00	40,254	210,800	205,936	79,913	21,697	127,890	122,112	208,467
12:00:00	46,802	90,217	89,971	119,638	28,379	61,983	59,555	247,477
13:00:00	49,294	47,639	44,749	135,265	30,410	32,115	30,723	257,944
14:00:00	49,063	48,777	46,372	97,002	26,780	26,627	25,395	100,003
15:00:00	45,348	45,102	42,878	43,493	19,862	19,752	18,854	12,852
16:00:00	37,098	36,874	35,061	30,299	8,988	8,941	8,593	4,575
17:00:00	26,353	26,135	24,861	20,936	-4,193	-4,170	-3,852	-5,116
18:00:00	14,476	13,142	12,526	10,097	-11,523	-11,463	-10,764	-10,230
19:00:00	5,231	-1,143	-1,034	-1,454	-12,213	-12,149	-11,413	-10,874
20:00:00	-7,242	-9,137	-8,610	-7,694	-12,343	-12,277	-11,524	-11,278
21:00:00	-10,621	-10,622	-10,001	-9,064	-13,158	-13,091	-12,287	-12,086
22:00:00	-11,930	-11,893	-11,188	-10,264	-14,044	-13,975	-13,115	-12,970
23:00:00	-13,123	-13,080	-12,295	-11,445	-15,014	-14,944	-14,023	-13,926
00:00:00	-14,344	-14,301	-13,433	-12,680	-15,891	-15,820	-14,846	-14,786

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
SHG = 0,47								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-11,054	-11,035	-10,364	-9,808	-14,325	-14,277	-13,383	-13,299
02:00:00	-12,326	-12,308	-11,560	-10,925	-16,255	-16,201	-15,201	-14,920
03:00:00	-13,695	-13,675	-12,844	-12,099	-16,634	-16,581	-15,560	-15,410
04:00:00	-14,685	-14,652	-13,759	-12,969	-16,799	-16,745	-15,712	-15,725
05:00:00	-15,316	-15,272	-14,339	-13,529	-17,237	-17,182	-16,122	-16,145
06:00:00	-7,443	40,646	38,621	-13,072	-17,510	-17,455	-16,377	-16,407
07:00:00	7,777	233,773	222,638	-7,499	-18,466	-18,408	-17,270	-17,008
08:00:00	3,423	273,743	261,929	-0,786	-17,064	-3,230	-2,949	-11,993
09:00:00	12,514	272,274	261,489	9,894	-4,160	115,638	109,610	54,960
10:00:00	22,587	234,815	226,729	27,886	6,530	126,844	120,496	112,236
11:00:00	30,543	155,274	151,389	56,010	14,740	93,170	88,849	157,679
12:00:00	36,167	65,267	64,650	85,456	20,236	43,527	41,757	189,971
13:00:00	38,496	37,922	35,599	97,496	22,106	23,691	22,620	199,451
14:00:00	38,636	38,392	36,440	71,169	19,338	19,229	18,323	76,603
15:00:00	35,824	35,622	33,809	34,214	14,252	14,176	13,518	9,199
16:00:00	29,573	29,384	27,890	24,718	6,091	6,064	5,822	2,942
17:00:00	21,463	21,268	20,187	17,587	-4,059	-4,032	-3,744	-4,551
18:00:00	12,484	11,325	10,745	9,289	-10,038	-9,982	-9,379	-8,724
19:00:00	4,387	0,273	0,262	0,312	-10,645	-10,585	-9,947	-9,326
20:00:00	-4,896	-6,152	-5,819	-4,764	-10,777	-10,715	-10,059	-9,748
21:00:00	-7,525	-7,568	-7,146	-6,099	-11,612	-11,549	-10,841	-10,576
22:00:00	-8,945	-8,936	-8,423	-7,394	-12,516	-12,451	-11,686	-11,479
23:00:00	-10,186	-10,175	-9,580	-8,621	-13,504	-13,438	-12,611	-12,452
00:00:00	-11,437	-11,436	-10,757	-9,889	-14,400	-14,333	-13,450	-13,330

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
SHG = 0,35								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-8,719	-8,736	-8,216	-7,567	-13,175	-13,130	-12,304	-12,174
02:00:00	-10,031	-10,049	-9,450	-8,721	-15,121	-15,071	-14,140	-13,809
03:00:00	-11,452	-11,462	-10,776	-9,940	-15,512	-15,462	-14,511	-14,312
04:00:00	-12,504	-12,494	-11,743	-10,862	-15,688	-15,638	-14,673	-14,639
05:00:00	-13,208	-13,175	-12,380	-11,479	-16,140	-16,089	-15,096	-15,073
06:00:00	-9,622	29,228	27,746	-11,216	-16,429	-16,377	-15,366	-15,350
07:00:00	0,363	174,211	165,751	-7,344	-17,405	-17,351	-16,278	-15,968
08:00:00	0,252	204,070	195,058	-2,561	-16,186	-5,571	-5,178	-12,765
09:00:00	6,973	201,761	193,561	6,238	-6,460	83,376	78,951	33,620
10:00:00	15,014	169,416	163,451	17,775	1,733	89,297	84,780	78,427
11:00:00	21,879	102,639	100,056	32,783	8,215	59,607	56,897	114,760
12:00:00	26,861	41,605	41,020	51,458	12,738	25,161	24,189	140,701
13:00:00	29,213	29,061	27,012	60,168	14,450	15,782	15,069	148,671
14:00:00	29,705	29,438	27,881	45,882	12,468	12,403	11,824	56,237
15:00:00	27,614	27,412	25,960	25,860	9,066	9,025	8,614	5,789
16:00:00	23,105	22,894	21,675	19,910	3,394	3,387	3,262	1,382
17:00:00	17,239	16,982	16,069	14,689	-4,000	-3,969	-3,703	-4,101
18:00:00	11,010	9,703	9,169	8,516	-8,770	-8,713	-8,190	-7,417
19:00:00	4,127	1,520	1,407	1,842	-9,290	-9,234	-8,677	-7,974
20:00:00	-2,870	-3,506	-3,344	-2,178	-9,410	-9,351	-8,779	-8,411
21:00:00	-4,785	-4,862	-4,616	-3,480	-10,261	-10,201	-9,576	-9,256
22:00:00	-6,298	-6,312	-5,969	-4,850	-11,179	-11,117	-10,435	-10,173
23:00:00	-7,578	-7,594	-7,167	-6,117	-12,181	-12,118	-11,373	-11,160
00:00:00	-8,854	-8,889	-8,376	-7,415	-13,093	-13,029	-12,227	-12,054

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
SHG = 0,23								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-7,248	-7,287	-6,863	-6,157	-12,349	-12,306	-11,532	-11,366
02:00:00	-8,587	-8,626	-8,120	-7,336	-14,305	-14,257	-13,377	-13,010
03:00:00	-10,039	-10,069	-9,475	-8,584	-14,705	-14,657	-13,758	-13,522
04:00:00	-11,132	-11,135	-10,474	-9,538	-14,887	-14,839	-13,924	-13,856
05:00:00	-11,881	-11,856	-11,147	-10,192	-15,349	-15,301	-14,356	-14,300
06:00:00	-7,250	16,513	15,660	-10,068	-15,648	-15,599	-14,636	-14,587
07:00:00	0,509	115,008	109,224	-7,371	-16,639	-16,586	-15,561	-15,217
08:00:00	-2,077	135,634	129,367	-3,684	-15,530	-8,225	-7,701	-12,046
09:00:00	3,332	137,249	131,319	2,176	-7,818	55,144	52,064	24,513
10:00:00	9,884	120,029	115,375	13,355	-1,265	62,239	58,876	54,939
11:00:00	15,539	82,689	80,133	31,736	3,989	46,733	44,359	79,915
12:00:00	20,025	37,119	36,400	49,802	7,865	21,572	20,608	97,758
13:00:00	22,675	22,387	21,118	57,622	9,676	10,497	10,001	103,358
14:00:00	23,449	23,245	21,936	43,347	8,265	8,228	7,825	38,873
15:00:00	21,981	21,826	20,592	22,008	5,914	5,896	5,611	3,736
16:00:00	18,636	18,459	17,406	16,611	1,779	1,787	1,720	0,467
17:00:00	14,257	14,015	13,201	12,661	-3,874	-3,840	-3,597	-3,735
18:00:00	8,915	8,469	7,958	7,937	-7,867	-7,816	-7,342	-6,511
19:00:00	4,318	2,230	2,059	2,741	-8,342	-8,289	-7,789	-7,033
20:00:00	-1,065	-1,836	-1,781	-0,552	-8,452	-8,397	-7,884	-7,475
21:00:00	-3,040	-3,138	-3,003	-1,811	-9,312	-9,255	-8,688	-8,328
22:00:00	-4,611	-4,639	-4,405	-3,227	-10,237	-10,178	-9,554	-9,254
23:00:00	-5,918	-5,950	-5,630	-4,519	-11,247	-11,187	-10,499	-10,249
00:00:00	-7,211	-7,267	-6,861	-5,836	-12,168	-12,107	-11,362	-11,152

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
Vidro instalado (SHG = 0,78)								
	08/ago				18/jan			
	Norte	Este	Este (P)	Sul	Norte	Este	Este (P)	Sul
01:00:00	-17,781	-17,653	-16,546	-16,284	-17,484	-17,427	-16,351	-16,388
02:00:00	-18,928	-18,805	-17,627	-17,284	-19,369	-19,307	-18,115	-17,971
03:00:00	-20,142	-20,032	-18,780	-18,324	-19,710	-19,648	-18,438	-18,421
04:00:00	-20,948	-20,849	-19,548	-19,043	-19,843	-19,781	-18,560	-18,702
05:00:00	-21,374	-21,296	-19,967	-19,438	-20,239	-20,176	-18,930	-19,081
06:00:00	1,005	68,919	65,592	-18,722	-20,469	-20,406	-19,146	-19,302
07:00:00	42,825	386,147	368,311	-9,258	-21,371	-21,305	-19,988	-19,855
08:00:00	11,603	453,776	434,890	2,997	-19,532	2,672	2,681	-10,050
09:00:00	26,926	460,132	442,635	23,854	1,736	202,153	191,912	110,466
10:00:00	42,767	409,318	395,898	74,173	19,394	227,188	216,108	201,939
11:00:00	54,138	296,974	289,936	138,594	32,600	183,043	174,577	273,905
12:00:00	61,573	147,999	147,749	191,836	40,877	103,965	99,586	322,780
13:00:00	64,398	63,888	58,734	210,536	43,265	46,584	44,475	335,392
14:00:00	63,719	63,489	60,422	148,437	38,409	38,173	36,369	131,619
15:00:00	58,885	58,645	55,813	58,995	28,669	28,494	27,170	18,677
16:00:00	47,685	47,501	45,227	38,148	13,609	13,523	12,959	7,270
17:00:00	33,055	32,935	31,395	25,486	-4,230	-4,215	-3,870	-5,813
18:00:00	18,593	15,515	14,854	10,995	-13,651	-13,587	-12,753	-12,381
19:00:00	12,718	-3,591	-3,283	-4,410	-14,461	-14,391	-13,516	-13,080
20:00:00	-10,114	-13,834	-12,999	-12,306	-14,570	-14,499	-13,609	-13,454
21:00:00	-15,441	-15,371	-14,442	-13,682	-15,352	-15,280	-14,341	-14,229
22:00:00	-16,569	-16,485	-15,481	-14,740	-16,209	-16,134	-15,141	-15,085
23:00:00	-17,689	-17,592	-16,513	-15,852	-17,150	-17,074	-16,022	-16,012
00:00:00	-18,868	-18,756	-17,596	-17,037	-17,998	-17,922	-16,817	-16,843

## Cozinha – Temperatura interior

Temperatura Interior [°C]										
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	SHG				Vidro instalado	SHG			
		0,61	0,47	0,35	0,23		0,61	0,47	0,35	0,23
01:00:00	31,664	29,527	28,142	26,899	26,111	17,937	16,813	16,003	15,290	14,773
02:00:00	31,466	29,370	28,012	26,794	26,021	17,794	16,688	15,890	15,186	14,677
03:00:00	31,257	29,200	27,868	26,673	25,916	17,686	16,596	15,810	15,117	14,615
04:00:00	31,055	29,035	27,728	26,555	25,813	17,593	16,520	15,746	15,063	14,568
05:00:00	30,861	28,876	27,593	26,441	25,714	17,489	16,433	15,670	14,998	14,510
06:00:00	30,822	28,833	27,593	26,450	25,757	17,389	16,348	15,597	14,934	14,453
07:00:00	31,851	29,623	28,458	27,250	26,558	17,271	16,246	15,505	14,852	14,378
08:00:00	32,758	30,477	29,210	27,880	26,985	17,222	16,207	15,479	14,833	14,366
09:00:00	33,601	31,113	29,692	28,234	27,266	17,916	16,796	16,063	15,350	14,899
10:00:00	34,319	31,574	29,980	28,372	27,417	18,675	17,370	16,542	15,706	15,246
11:00:00	34,794	31,726	29,991	28,200	27,394	19,215	17,704	16,780	15,822	15,383
12:00:00	34,927	31,643	29,820	28,000	27,223	19,532	17,835	16,860	15,860	15,387
13:00:00	34,799	31,728	29,882	28,149	27,210	19,646	18,037	17,014	16,038	15,434
14:00:00	34,767	31,764	29,933	28,220	27,253	19,672	18,075	17,017	16,029	15,397
15:00:00	34,698	31,776	29,943	28,255	27,252	19,630	18,048	16,979	15,994	15,348
16:00:00	34,606	31,743	29,916	28,250	27,235	19,568	18,020	16,954	15,986	15,335
17:00:00	34,464	31,660	29,861	28,217	27,201	19,412	17,914	16,861	15,917	15,264
18:00:00	34,254	31,517	29,764	28,153	27,132	19,220	17,770	16,738	15,823	15,177
19:00:00	34,007	31,294	29,591	28,041	27,038	19,086	17,674	16,666	15,773	15,141
20:00:00	33,692	31,098	29,424	27,916	26,947	18,999	17,617	16,631	15,757	15,137
21:00:00	33,428	30,919	29,286	27,820	26,872	18,899	17,544	16,575	15,718	15,108
22:00:00	33,203	30,750	29,154	27,721	26,799	18,796	17,465	16,513	15,671	15,072
23:00:00	32,985	30,582	29,021	27,619	26,718	18,686	17,378	16,443	15,615	15,025
00:00:00	32,767	30,414	28,887	27,516	26,636	18,572	17,288	16,368	15,554	14,973

## Casa de Banho

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]							
	SHG = 0,61		SHG = 0,47		SHG = 0,35		SHG = 0,23	
	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan
	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste	Oeste
01:00:00	-11,588	-14,594	-9,484	-13,413	-7,612	-12,393	-6,552	-11,617
02:00:00	-12,958	-16,558	-10,875	-15,385	-9,020	-14,371	-7,968	-13,602
03:00:00	-14,421	-17,027	-12,368	-15,859	-10,539	-14,848	-9,502	-14,084
04:00:00	-15,496	-17,258	-13,488	-16,095	-11,695	-15,087	-10,680	-14,323
05:00:00	-16,200	-17,741	-14,244	-16,586	-12,499	-15,585	-11,510	-14,826
06:00:00	-14,673	-18,055	-13,187	-16,909	-11,860	-15,917	-11,145	-15,163
07:00:00	-1,317	-18,995	-3,157	-17,863	-4,761	-16,884	-5,994	-16,139
08:00:00	11,463	-17,418	6,576	-16,505	2,331	-15,724	-0,706	-15,103
09:00:00	24,817	-0,390	17,035	-3,151	10,274	-5,684	5,525	-7,145
10:00:00	37,533	13,478	27,290	7,833	18,379	2,724	12,117	-0,365
11:00:00	46,679	23,661	34,961	16,048	24,831	9,157	17,738	4,940
12:00:00	52,235	29,961	39,961	21,336	29,405	13,519	22,093	8,720
13:00:00	54,407	31,930	42,347	23,242	31,923	15,366	24,699	10,423
14:00:00	67,167	28,343	51,063	20,571	38,047	13,478	29,589	9,117
15:00:00	141,277	21,482	103,131	15,546	66,188	10,123	60,027	6,837
16:00:00	247,596	38,258	186,868	27,966	133,131	18,125	100,760	13,956
17:00:00	295,360	49,561	226,556	36,691	169,449	25,464	119,720	18,044
18:00:00	280,431	-3,021	219,789	-3,409	166,977	-3,705	114,536	-3,968
19:00:00	159,262	-9,999	124,939	-8,825	95,207	-7,813	65,487	-7,060
20:00:00	9,843	-10,245	8,490	-9,039	7,411	-7,995	5,685	-7,225
21:00:00	-7,262	-11,171	-4,906	-9,956	-2,828	-8,904	-1,632	-8,124
22:00:00	-8,789	-12,165	-6,495	-10,943	-4,466	-9,884	-3,300	-9,096
23:00:00	-10,190	-13,243	-7,912	-12,016	-5,893	-10,951	-4,736	-10,158
00:00:00	-11,611	-14,227	-9,334	-12,999	-7,314	-11,931	-6,160	-11,135

(continuação)

		Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]	
		Vidro instalado (U = 2,7 e SHG = 0,78)	
		08/ago	18/jan
		Oeste	Oeste
01:00:00	-15,049		-16,210
02:00:00	-16,384		-18,163
03:00:00	-17,793		-18,623
04:00:00	-18,798		-18,848
05:00:00	-19,418		-19,319
06:00:00	-17,191		-19,620
07:00:00	1,104		-20,540
08:00:00	18,295		-18,625
09:00:00	35,871		4,020
10:00:00	52,176		22,248
11:00:00	63,333		35,445
12:00:00	69,696		43,305
13:00:00	71,625		45,367
14:00:00	102,394		40,432
15:00:00	213,939		30,751
16:00:00	328,809		54,290
17:00:00	380,606		66,487
18:00:00	357,417		-2,640
19:00:00	201,059		-11,643
20:00:00	10,589		-11,920
21:00:00	-11,096		-12,854
22:00:00	-12,535		-13,856
23:00:00	-13,914		-14,938
00:00:00	-15,335		-15,924

### Casa de banho – Temperatura interior

Temperatura Interior [°C]										
	08/ago					18/jan				
	Vidro instalado	SHG				Vidro instalado	SHG			
		0,61	0,47	0,35	0,23		0,61	0,47	0,35	0,23
01:00:00	30,491	28,646	27,515	26,504	25,928	17,412	16,409	15,670	15,027	14,537
02:00:00	30,416	28,594	27,476	26,476	25,907	17,356	16,362	15,629	14,991	14,504
03:00:00	30,332	28,531	27,426	26,436	25,874	17,310	16,324	15,597	14,965	14,482
04:00:00	30,243	28,462	27,370	26,391	25,835	17,264	16,288	15,567	14,940	14,462
05:00:00	30,151	28,390	27,309	26,341	25,792	17,212	16,244	15,531	14,909	14,435
06:00:00	30,058	28,316	27,248	26,291	25,749	17,157	16,198	15,491	14,876	14,405
07:00:00	30,011	28,272	27,215	26,261	25,728	17,092	16,143	15,442	14,832	14,365
08:00:00	30,001	28,253	27,197	26,242	25,715	17,040	16,099	15,405	14,800	14,339
09:00:00	30,019	28,258	27,200	26,240	25,715	17,048	16,101	15,413	14,807	14,355
10:00:00	30,074	28,292	27,227	26,257	25,726	17,091	16,129	15,438	14,825	14,376
11:00:00	30,144	28,348	27,266	26,284	25,751	17,148	16,168	15,469	14,848	14,396
12:00:00	30,209	28,404	27,315	26,326	25,798	17,212	16,213	15,504	14,872	14,414
13:00:00	30,270	28,455	27,364	26,371	25,843	17,277	16,260	15,538	14,896	14,427
14:00:00	30,397	28,483	27,392	26,396	25,875	17,329	16,295	15,562	14,909	14,433
15:00:00	30,693	28,603	27,499	26,405	26,041	17,375	16,330	15,585	14,925	14,443
16:00:00	31,055	29,026	27,914	26,778	26,326	17,460	16,391	15,637	14,960	14,486
17:00:00	31,409	29,410	28,233	27,107	26,529	17,575	16,495	15,723	15,031	14,544
18:00:00	31,673	29,662	28,449	27,304	26,644	17,540	16,467	15,687	15,002	14,495
19:00:00	31,701	29,649	28,392	27,232	26,548	17,530	16,462	15,684	15,001	14,492
20:00:00	31,513	29,440	28,148	26,986	26,299	17,549	16,483	15,705	15,024	14,514
21:00:00	31,395	29,337	28,057	26,918	26,254	17,562	16,497	15,720	15,039	14,529
22:00:00	31,331	29,296	28,040	26,921	26,272	17,568	16,505	15,728	15,049	14,539
23:00:00	31,280	29,270	28,034	26,930	26,294	17,564	16,504	15,729	15,051	14,542
00:00:00	31,227	29,243	28,023	26,934	26,308	17,551	16,496	15,724	15,048	14,540

## Estudo do efeito dos elementos construtivos

### Sala

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]							
	Sem pala				Com pala			
	08/ago		18/jan		08/ago		18/jan	
	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul	Este	Sul
01:00:00	-15,998	-16,213	-19,596	-19,698	-10,149	-10,877	-17,802	-18,238
02:00:00	-17,150	-17,383	-21,349	-21,493	-11,257	-12,068	-19,291	-19,901
03:00:00	-18,376	-18,633	-21,661	-21,787	-12,418	-13,336	-19,740	-20,282
04:00:00	-19,216	-19,483	-21,777	-21,879	-13,291	-14,263	-20,030	-20,469
05:00:00	-19,701	-19,971	-22,123	-22,226	-13,862	-14,860	-20,383	-20,827
06:00:00	70,919	-17,794	-22,308	-22,412	75,561	-13,310	-20,581	-21,028
07:00:00	391,480	-0,544	-23,090	-23,243	387,340	2,221	-21,033	-21,694
08:00:00	461,863	15,923	0,844	-11,961	379,159	18,333	1,970	-10,977
09:00:00	470,133	42,323	198,812	122,570	280,910	38,051	192,891	119,968
10:00:00	420,205	99,263	222,066	219,812	137,956	56,815	186,120	214,414
11:00:00	307,126	165,845	176,187	292,865	58,983	64,333	105,325	274,864
12:00:00	155,490	216,051	95,348	339,324	64,871	68,957	37,730	310,597
13:00:00	60,542	231,421	35,722	348,974	65,379	71,106	24,519	316,393
14:00:00	61,719	213,635	26,657	317,861	64,567	68,954	19,929	289,714
15:00:00	56,809	166,550	17,309	255,702	59,971	64,407	12,261	237,949
16:00:00	46,372	104,141	3,770	165,318	50,914	57,852	1,134	160,469
17:00:00	32,959	45,692	-11,536	53,269	37,406	42,399	-10,797	54,392
18:00:00	16,466	17,144	-18,857	-13,921	21,736	23,109	-16,434	-11,960
19:00:00	-1,808	-1,758	-18,959	-19,114	4,874	4,826	-16,593	-17,182
20:00:00	-11,715	-11,996	-18,821	-18,931	-4,176	-5,119	-16,713	-17,170
21:00:00	-13,274	-13,576	-19,374	-19,482	-5,811	-6,794	-17,285	-17,741
22:00:00	-14,445	-14,748	-20,049	-20,154	-7,126	-8,135	-17,987	-18,434
23:00:00	-15,601	-15,897	-20,829	-20,932	-8,407	-9,405	-18,782	-19,229
00:00:00	-16,809	-17,094	-21,529	-21,633	-9,736	-10,706	-19,498	-19,946

## Sala – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]			
	08/ago		18/jan	
	Sem pala	Com pala	Sem pala	Com pala
01:00:00	31,106	28,524	19,558	18,901
02:00:00	30,933	28,409	19,390	18,748
03:00:00	30,749	28,282	19,252	18,621
04:00:00	30,569	28,157	19,130	18,508
05:00:00	30,396	28,037	19,002	18,391
06:00:00	30,294	27,982	18,876	18,278
07:00:00	30,814	28,544	18,738	18,156
08:00:00	31,380	29,035	18,673	18,100
09:00:00	31,915	29,295	19,861	19,262
10:00:00	32,580	29,457	21,228	20,557
11:00:00	33,286	29,521	22,370	21,525
12:00:00	33,894	29,661	23,336	22,312
13:00:00	34,290	29,823	24,038	22,969
14:00:00	34,587	29,957	24,474	23,383
15:00:00	34,624	30,043	24,578	23,507
16:00:00	34,406	30,090	24,314	23,312
17:00:00	33,994	30,060	23,582	22,659
18:00:00	33,574	29,939	22,732	21,863
19:00:00	33,217	29,746	22,233	21,388
20:00:00	32,904	29,537	21,950	21,115
21:00:00	32,672	29,391	21,716	20,890
22:00:00	32,481	29,277	21,505	20,689
23:00:00	32,301	29,171	21,301	20,496
00:00:00	32,122	29,064	21,103	20,312

**Hall**

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
	Sem pala				Com pala			
	08/ago		18/jan		08/ago		18/jan	
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul
	01:00:00	-15,193	-19,527	-16,847	-21,515	-12,764	-14,997	-15,711
02:00:00	-16,302	-20,980	-18,624	-23,812	-13,901	-16,289	-17,507	-21,018
03:00:00	-17,491	-22,543	-18,934	-24,192	-15,132	-17,653	-17,834	-21,589
04:00:00	-18,310	-23,606	-19,060	-24,335	-16,005	-18,647	-17,968	-21,957
05:00:00	-18,782	-24,222	-19,432	-24,808	-16,539	-19,261	-18,353	-22,434
06:00:00	4,458	-21,446	-19,646	-25,082	6,684	-17,772	-18,582	-22,717
07:00:00	51,959	1,981	-20,484	-26,191	54,189	-1,506	-19,440	-23,369
08:00:00	45,004	25,629	-18,496	-10,681	47,285	17,787	-17,452	-21,460
09:00:00	38,210	63,439	3,575	175,400	40,522	50,212	5,093	-0,235
10:00:00	49,886	143,824	20,680	310,389	52,381	77,640	22,761	18,108
11:00:00	59,973	236,925	32,557	409,243	62,668	173,642	34,636	266,514
12:00:00	65,400	305,798	39,318	474,373	68,346	187,928	41,253	457,219
13:00:00	66,662	326,447	40,551	487,268	69,610	238,777	42,377	469,917
14:00:00	65,195	303,010	35,184	445,810	67,997	293,378	36,998	430,644
15:00:00	59,756	237,632	25,476	358,693	62,726	153,335	27,433	291,847
16:00:00	48,619	148,910	11,187	236,898	51,627	126,349	12,969	230,045
17:00:00	34,593	69,467	-5,346	82,579	37,547	57,275	-3,459	-5,826
18:00:00	17,893	25,743	-13,698	-10,437	20,755	23,096	-12,102	-14,034
19:00:00	0,573	0,298	-14,178	-18,075	3,342	2,524	-12,704	-14,763
20:00:00	-9,348	-13,312	-14,173	-18,034	-6,681	-8,139	-12,722	-15,150
21:00:00	-11,609	-15,176	-14,838	-18,889	-8,942	-9,828	-13,418	-16,052
22:00:00	-12,754	-16,604	-15,597	-19,862	-10,154	-11,257	-14,201	-17,076
23:00:00	-13,854	-17,989	-16,454	-20,959	-11,268	-12,690	-15,079	-18,203
00:00:00	-15,017	-19,452	-17,230	-21,953	-12,429	-14,221	-15,877	-19,221

## Hall – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]			
	08/ago		18/jan	
	Sem pala	Com pala	Sem pala	Com pala
01:00:00	30,414	29,136	17,674	16,980
02:00:00	30,210	28,948	17,497	16,813
03:00:00	29,999	28,752	17,364	16,691
04:00:00	29,801	28,568	17,257	16,592
05:00:00	29,617	28,400	17,142	16,487
06:00:00	29,582	28,378	17,034	16,387
07:00:00	30,238	29,051	16,907	16,271
08:00:00	30,492	29,292	16,835	16,202
09:00:00	30,704	29,489	17,253	16,432
10:00:00	31,152	29,847	17,960	16,870
11:00:00	31,767	30,349	18,829	17,620
12:00:00	32,396	30,818	19,560	18,365
13:00:00	32,899	31,242	20,123	18,970
14:00:00	33,238	31,613	20,434	19,290
15:00:00	33,386	31,707	20,506	19,322
16:00:00	33,314	31,669	20,338	19,237
17:00:00	33,066	31,506	19,866	18,762
18:00:00	32,718	31,218	19,353	18,361
19:00:00	32,304	30,843	19,050	18,119
20:00:00	31,894	30,460	18,876	17,972
21:00:00	31,577	30,162	18,708	17,826
22:00:00	31,330	29,932	18,548	17,684
23:00:00	31,107	29,724	18,392	17,544
00:00:00	30,898	29,530	18,241	17,409

## Escritório

	Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]			
	Sem pala		Com pala	
	08/ago	18/jan	08/ago	18/jan
	Sul	Sul	Sul	Sul
01:00:00	-17,097	-20,198	-11,711	-17,566
02:00:00	-18,388	-22,109	-12,988	-19,293
03:00:00	-19,757	-22,445	-14,332	-19,765
04:00:00	-20,700	-22,558	-15,328	-20,027
05:00:00	-21,250	-22,929	-15,974	-20,425
06:00:00	-18,649	-23,125	-14,268	-20,652
07:00:00	1,126	-23,980	2,938	-21,274
08:00:00	19,526	-21,723	20,269	-19,846
09:00:00	38,207	12,972	38,134	5,802
10:00:00	66,225	121,047	54,709	86,342
11:00:00	126,848	271,964	66,611	206,839
12:00:00	196,985	341,205	73,099	255,489
13:00:00	245,191	369,973	74,202	279,934
14:00:00	256,757	353,569	78,899	276,834
15:00:00	229,857	298,316	108,190	250,388
16:00:00	172,266	205,170	123,127	190,585
17:00:00	97,158	75,539	89,315	77,682
18:00:00	31,502	-12,063	35,752	-8,215
19:00:00	-1,150	-19,584	5,188	-15,864
20:00:00	-11,922	-19,419	-5,003	-15,959
21:00:00	-13,668	-20,031	-6,829	-16,631
22:00:00	-15,022	-20,780	-8,330	-17,440
23:00:00	-16,350	-21,647	-9,780	-18,354
00:00:00	-17,724	-22,428	-11,265	-19,179

## Escritório – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]			
	08/ago		18/jan	
	Sem pala	Com pala	Sem pala	Com pala
01:00:00	30,943	28,659	19,016	17,832
02:00:00	30,793	28,563	18,855	17,697
03:00:00	30,632	28,456	18,721	17,585
04:00:00	30,473	28,347	18,599	17,482
05:00:00	30,316	28,239	18,470	17,375
06:00:00	30,171	28,139	18,343	17,269
07:00:00	30,142	28,140	18,203	17,155
08:00:00	30,202	28,229	18,094	17,065
09:00:00	30,330	28,387	18,212	17,144
10:00:00	30,590	28,610	19,044	17,752
11:00:00	31,168	28,844	20,591	18,989
12:00:00	32,008	29,057	21,927	19,988
13:00:00	32,890	29,231	23,014	20,822
14:00:00	33,567	29,391	23,751	21,445
15:00:00	33,934	29,717	24,081	21,828
16:00:00	33,945	30,090	23,952	21,888
17:00:00	33,614	30,183	23,206	21,333
18:00:00	33,142	29,931	22,260	20,499
19:00:00	32,684	29,633	21,739	20,046
20:00:00	32,391	29,431	21,461	19,807
21:00:00	32,212	29,321	21,237	19,619
22:00:00	32,073	29,250	21,043	19,455
23:00:00	31,944	29,187	20,859	19,300
00:00:00	31,810	29,119	20,678	19,147

## Cozinha

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
Sem pala								
	08/ago				18/jan			
	Este	Este (P)	Norte	Sul	Este	Este (P)	Norte	Sul
01:00:00	-17,449	-16,355	-17,573	-16,084	-17,168	-16,108	-17,225	-16,134
02:00:00	-18,623	-17,457	-18,742	-17,105	-19,056	-17,880	-19,117	-17,724
03:00:00	-19,873	-18,632	-19,981	-18,168	-19,405	-18,210	-19,466	-18,181
04:00:00	-20,716	-19,423	-20,813	-18,911	-19,545	-18,339	-19,607	-18,469
05:00:00	-21,188	-19,867	-21,267	-19,332	-19,949	-18,718	-20,011	-18,857
06:00:00	69,004	65,672	1,092	-18,635	-20,189	-18,942	-20,251	-19,087
07:00:00	386,249	368,406	42,929	-9,154	-21,098	-19,794	-21,164	-19,650
08:00:00	453,851	434,959	11,681	3,074	2,869	2,865	-19,335	-9,855
09:00:00	460,196	442,694	26,992	23,919	202,350	192,096	1,935	110,644
10:00:00	409,386	395,962	42,838	74,251	227,375	216,283	19,583	202,122
11:00:00	297,063	290,021	54,232	138,685	183,237	174,759	32,794	274,098
12:00:00	148,129	147,872	61,706	191,959	104,174	99,784	41,089	322,991
13:00:00	64,071	58,907	64,584	210,707	46,822	44,699	43,503	335,629
14:00:00	63,724	60,644	63,960	148,661	38,434	36,615	38,671	131,876
15:00:00	58,922	56,073	59,167	59,262	28,778	27,438	28,954	18,953
16:00:00	47,819	45,525	48,009	38,456	13,829	13,248	13,916	7,567
17:00:00	33,286	31,724	33,415	25,827	-3,895	-3,569	-3,908	-5,502
18:00:00	15,878	15,194	18,965	11,348	-13,260	-12,446	-13,323	-12,060
19:00:00	-3,227	-2,942	13,088	-4,057	-14,057	-13,201	-14,125	-12,753
20:00:00	-13,481	-12,669	-9,757	-11,963	-14,156	-13,287	-14,226	-13,119
21:00:00	-15,026	-14,118	-15,089	-13,346	-14,934	-14,016	-15,006	-13,892
22:00:00	-16,156	-15,174	-16,236	-14,420	-15,786	-14,815	-15,860	-14,746
23:00:00	-17,277	-16,218	-17,369	-15,544	-16,723	-15,692	-16,797	-15,669
00:00:00	-18,454	-17,313	-18,561	-16,742	-17,567	-16,484	-17,642	-16,497

(continuação)

Fluxo de calor [W/m <sup>2</sup> ]								
Com pala								
	08/ago				18/jan			
	Este	Este (P)	Norte	Sul	Este	Este (P)	Norte	Sul
01:00:00	-14,225	-12,734	-14,603	-12,364	-15,733	-14,374	-15,984	-14,337
02:00:00	-15,405	-13,765	-15,820	-13,316	-17,560	-15,936	-17,897	-15,718
03:00:00	-16,662	-14,851	-17,123	-14,294	-17,962	-16,383	-18,265	-16,276
04:00:00	-17,545	-15,629	-18,032	-15,028	-18,159	-16,650	-18,417	-16,720
05:00:00	-18,074	-16,102	-18,571	-15,480	-18,578	-17,037	-18,840	-17,118
06:00:00	71,820	68,588	3,756	-15,639	-18,835	-17,275	-19,099	-17,362
07:00:00	387,523	367,981	45,595	-8,658	-19,670	-17,866	-20,039	-17,666
08:00:00	454,174	432,798	14,422	2,567	4,185	4,186	-18,232	-8,545
09:00:00	459,980	412,453	29,924	20,525	197,150	188,017	3,090	106,489
10:00:00	409,507	286,210	46,560	36,307	152,850	209,847	21,036	196,442
11:00:00	298,126	126,573	58,848	42,652	44,722	159,136	34,794	209,452
12:00:00	149,192	56,817	66,333	50,859	39,618	69,570	43,568	47,723
13:00:00	65,328	58,712	68,643	53,058	41,651	34,663	45,925	24,012
14:00:00	64,777	57,984	67,819	52,337	36,955	30,413	40,774	21,606
15:00:00	59,627	53,459	62,788	47,729	27,680	22,571	30,778	15,387
16:00:00	48,665	44,209	51,608	39,367	13,706	10,727	15,681	6,025
17:00:00	34,644	31,365	37,036	27,363	-2,763	-2,966	-2,209	-4,372
18:00:00	18,020	16,336	22,543	13,812	-11,378	-10,126	-11,697	-9,627
19:00:00	-0,107	0,120	16,549	-0,393	-12,187	-10,869	-12,532	-10,377
20:00:00	-9,791	-8,413	-6,392	-7,566	-12,369	-11,201	-12,634	-10,952
21:00:00	-11,311	-9,820	-11,724	-8,953	-13,163	-11,949	-13,429	-11,744
22:00:00	-12,510	-10,913	-12,970	-10,066	-14,035	-12,774	-14,298	-12,624
23:00:00	-13,671	-12,009	-14,136	-11,240	-14,988	-13,668	-15,253	-13,565
00:00:00	-14,881	-13,162	-15,340	-12,494	-15,852	-14,477	-16,119	-14,411

## Cozinha – Temperatura interior

	Temperatura Interior [°C]			
	08/ago		18/jan	
	Sem pala	Com pala	Sem pala	Com pala
01:00:00	31,554	30,009	17,778	17,027
02:00:00	31,368	29,849	17,640	16,903
03:00:00	31,172	29,680	17,536	16,811
04:00:00	30,983	29,516	17,448	16,733
05:00:00	30,802	29,359	17,350	16,647
06:00:00	30,774	29,352	17,254	16,564
07:00:00	31,793	30,395	17,143	16,467
08:00:00	32,719	31,336	17,098	16,434
09:00:00	33,575	32,162	17,794	17,117
10:00:00	34,299	32,684	18,564	17,812
11:00:00	34,768	32,853	19,106	18,180
12:00:00	34,882	32,779	19,416	18,267
13:00:00	34,726	32,683	19,518	18,296
14:00:00	34,663	32,644	19,531	18,341
15:00:00	34,564	32,610	19,475	18,358
16:00:00	34,445	32,551	19,398	18,314
17:00:00	34,288	32,427	19,228	18,178
18:00:00	34,073	32,234	19,027	18,011
19:00:00	33,826	32,013	18,888	17,895
20:00:00	33,513	31,730	18,795	17,816
21:00:00	33,253	31,496	18,694	17,726
22:00:00	33,034	31,302	18,589	17,634
23:00:00	32,822	31,117	18,475	17,535
00:00:00	32,612	30,935	18,360	17,435

## Estudo da análise económica

### Custo investimento do vidro

Vidro	Custo	Custo de investimento
	[€/m <sup>2</sup> ]	[€]
Climalit	46,54	1 102,07
GuardianSun	69,48	1 645,29
Climaguard P	61,60	1 458,69

### Consumo energético anual

Vidro	Consumo energético anual			
	Aquecimento	Arrefecimento	Ventilador	TOTAL
	[kWh]			
Climalit	916,67	1244,44	847,22	3008,33
GuardianSun	1169,44	616,67	586,11	2372,22
Climaguard P	947,22	927,78	686,11	2561,11

### Custo de exploração

Vidro	Custo exploração	
	[€/ano]	[€/mês]
Climalit	628,44	52,37
GuardianSun	495,56	41,30
Climaguard P	535,02	44,58

### Preço de eletricidade constante (0,2089 €/kWh)

#### Cenário de implementação de raiz

		Anos						
		0	1	2	3	4	5	6
Vidros	Climalit	1 102,07 €	1 730,51 €	2 358,95 €	2 987,39 €	3 615,83 €	4 244,27 €	4 872,71 €
	GuardianSun	1 645,29 €	2 140,84 €	2 636,40 €	3 131,96 €	3 627,52 €	4 123,07 €	4 618,63 €
	Climaguard P	1 458,69 €	1 993,70 €	2 528,72 €	3 063,74 €	3 598,75 €	4 133,77 €	4 668,78 €

		Anos						
		7	8	9	10	11	12	13
Vidros	Climalit	5 501,15 €	6 129,59 €	6 758,03 €	7 386,48 €	8 014,92 €	8 643,36 €	9 271,80 €
	GuardianSun	5 114,19 €	5 609,74 €	6 105,30 €	6 600,86 €	7 096,42 €	7 591,97 €	8 087,53 €
	Climaguard P	5 203,80 €	5 738,82 €	6 273,83 €	6 808,85 €	7 343,87 €	7 878,88 €	8 413,90 €

		Anos						
		14	15	16	17	18	19	20
Vidros	Cimalit	9 900,24 €	10 528,68 €	11 157,12 €	11 785,56 €	12 414,00 €	13 042,44 €	13 670,88 €
	GuardianSun	8 583,09 €	9 078,64 €	9 574,20 €	10 069,76 €	10 565,32 €	11 060,87 €	11 556,43 €
	Climaguard P	8 948,91 €	9 483,93 €	10 018,95 €	10 553,96 €	11 088,98 €	11 623,99 €	12 159,01 €

### Cenário de substituição do Cimalit

		Anos						
		0	1	2	3	4	5	6
Vidros	Cimalit	0,00 €	628,44 €	1 256,88 €	1 885,32 €	2 513,76 €	3 142,20 €	3 770,65 €
	GuardianSun	1 645,29 €	2 140,84 €	2 636,40 €	3 131,96 €	3 627,52 €	4 123,07 €	4 618,63 €
	Climaguard P	1 458,69 €	1 993,70 €	2 528,72 €	3 063,74 €	3 598,75 €	4 133,77 €	4 668,78 €

		Anos						
		7	8	9	10	11	12	13
Vidros	Cimalit	4 399,09 €	5 027,53 €	5 655,97 €	6 284,41 €	6 912,85 €	7 541,29 €	8 169,73 €
	GuardianSun	5 114,19 €	5 609,74 €	6 105,30 €	6 600,86 €	7 096,42 €	7 591,97 €	8 087,53 €
	Climaguard P	5 203,80 €	5 738,82 €	6 273,83 €	6 808,85 €	7 343,87 €	7 878,88 €	8 413,90 €

		Anos						
		14	15	16	17	18	19	20
Vidros	Cimalit	8 798,17 €	9 426,61 €	10 055,05 €	10 683,49 €	11 311,94 €	11 940,38 €	12 568,82 €
	GuardianSun	8 583,09 €	9 078,64 €	9 574,20 €	10 069,76 €	10 565,32 €	11 060,87 €	11 556,43 €
	Climaguard P	8 948,91 €	9 483,93 €	10 018,95 €	10 553,96 €	11 088,98 €	11 623,99 €	12 159,01 €

### Preço de eletricidade com tendência positiva (+2,32 %/ano)

#### Cenário de implementação de raiz

		Anos						
		0	1	2	3	4	5	6
Vidros	Cimalit	1 102,07 €	1 730,51 €	2 373,54 €	3 031,48 €	3 704,70 €	4 393,55 €	5 098,37 €
	GuardianSun	1 645,29 €	2 140,85 €	2 647,90 €	3 166,73 €	3 697,60 €	4 240,78 €	4 796,58 €
	Climaguard P	1 458,69 €	1 993,71 €	2 541,14 €	3 101,28 €	3 674,41 €	4 260,85 €	4 860,90 €

		Anos						
		7	8	9	10	11	12	13
Vidros	Climalit	5 819,56 €	6 557,49 €	7 312,54 €	8 085,11 €	8 875,62 €	9 684,47 €	10 512,09 €
	GuardianSun	5 365,27 €	5 947,16 €	6 542,56 €	7 151,77 €	7 775,12 €	8 412,94 €	9 065,57 €
	Climaguard P	5 474,88 €	6 103,10 €	6 745,91 €	7 403,63 €	8 076,62 €	8 765,22 €	9 469,81 €

		Anos						
		14	15	16	17	18	19	20
Vidros	Climalit	11 358,92 €	12 225,40 €	13 112,00 €	14 019,17 €	14 947,39 €	15 897,16 €	16 868,97 €
	GuardianSun	9 733,33 €	10 416,60 €	11 115,72 €	11 831,07 €	12 563,03 €	13 311,96 €	14 078,28 €
	Climaguard P	10 190,75 €	10 928,42 €	11 683,22 €	12 455,53 €	13 245,76 €	14 054,33 €	14 881,67 €

### Cenário de substituição do Climalit

		Anos						
		0	1	2	3	4	5	6
Vidros	Climalit	0,00 €	628,44 €	1 271,47 €	1 929,41 €	2 602,63 €	3 291,48 €	3 996,30 €
	GuardianSun	1 645,29 €	2 140,84 €	2 636,40 €	3 131,96 €	3 627,52 €	4 123,07 €	4 618,63 €
	Climaguard P	1 458,69 €	1 993,70 €	2 528,72 €	3 063,74 €	3 598,75 €	4 133,77 €	4 668,78 €

		Anos						
		7	8	9	10	11	12	13
Vidros	Climalit	4 717,49 €	5 455,42 €	6 210,47 €	6 983,04 €	7 773,55 €	8 582,40 €	9 410,02 €
	GuardianSun	5 114,19 €	5 609,74 €	6 105,30 €	6 600,86 €	7 096,42 €	7 591,97 €	8 087,53 €
	Climaguard P	5 203,80 €	5 738,82 €	6 273,83 €	6 808,85 €	7 343,87 €	7 878,88 €	8 413,90 €

		Anos						
		14	15	16	17	18	19	20
Vidros	Climalit	10 256,85 €	11 123,33 €	12 009,93 €	12 917,10 €	13 845,32 €	14 795,09 €	15 766,90 €
	GuardianSun	8 583,09 €	9 078,64 €	9 574,20 €	10 069,76 €	10 565,32 €	11 060,87 €	11 556,43 €
	Climaguard P	8 948,91 €	9 483,93 €	10 018,95 €	10 553,96 €	11 088,98 €	11 623,99 €	12 159,01 €

**Preço de eletricidade com tendência negativa (-2,32 %/ano)**

**Cenário de implementação de raiz**

		Anos						
		0	1	2	3	4	5	6
Vidros	Climalit	1 102,07 €	1 730,51 €	2 344,37 €	2 943,97 €	3 529,67 €	4 101,77 €	4 660,59 €
	GuardianSun	1 645,29 €	2 140,85 €	2 624,90 €	3 097,72 €	3 559,57 €	4 010,70 €	4 451,36 €
	Climaguard P	1 458,69 €	1 993,71 €	2 516,30 €	3 026,78 €	3 525,40 €	4 012,45 €	4 488,20 €

		Anos						
		7	8	9	10	11	12	13
Vidros	Climalit	5 206,44 €	5 739,63 €	6 260,44 €	6 769,16 €	7 266,08 €	7 751,46 €	8 225,58 €
	GuardianSun	4 881,79 €	5 302,24 €	5 712,92 €	6 114,08 €	6 505,92 €	6 888,67 €	7 262,54 €
	Climaguard P	4 952,90 €	5 406,82 €	5 850,21 €	6 283,31 €	6 706,35 €	7 119,58 €	7 523,22 €

		Anos						
		14	15	16	17	18	19	20
Vidros	Climalit	8 688,70 €	9 141,06 €	9 582,93 €	10 014,55 €	10 436,14 €	10 847,96 €	11 250,21 €
	GuardianSun	7 627,73 €	7 984,44 €	8 332,88 €	8 673,23 €	9 005,68 €	9 330,41 €	9 647,61 €
	Climaguard P	7 917,48 €	8 302,60 €	8 678,78 €	9 046,23 €	9 405,16 €	9 755,75 €	10 098,20 €

**Cenário de substituição do Climalit**

		Anos						
		0	1	2	3	4	5	6
Vidros	Climalit	0,00 €	628,44 €	1 242,30 €	1 841,90 €	2 427,60 €	2 999,70 €	3 558,52 €
	GuardianSun	1 645,29 €	2 140,85 €	2 624,90 €	3 097,72 €	3 559,57 €	4 010,70 €	4 451,36 €
	Climaguard P	1 458,69 €	1 993,71 €	2 516,30 €	3 026,78 €	3 525,40 €	4 012,45 €	4 488,20 €

		Anos						
		7	8	9	10	11	12	13
Vidros	Climalit	4 104,37 €	4 637,56 €	5 158,37 €	5 667,09 €	6 164,01 €	6 649,39 €	7 123,51 €
	GuardianSun	4 881,79 €	5 302,24 €	5 712,92 €	6 114,08 €	6 505,92 €	6 888,67 €	7 262,54 €
	Climaguard P	4 952,90 €	5 406,82 €	5 850,21 €	6 283,31 €	6 706,35 €	7 119,58 €	7 523,22 €

		Anos						
		14	15	16	17	18	19	20
Vidros	Cimalit	7 586,63 €	8 038,99 €	8 480,86 €	8 912,48 €	9 334,07 €	9 745,89 €	10 148,14 €
	GuardianSun	7 627,73 €	7 984,44 €	8 332,88 €	8 673,23 €	9 005,68 €	9 330,41 €	9 647,61 €
	Climaguard P	7 917,48 €	8 302,60 €	8 678,78 €	9 046,23 €	9 405,16 €	9 755,75 €	10 098,20 €