

Guia SCE – Indicadores de Desempenho Energético (REH)

Cálculo de Indicadores de Desempenho Energético (REH)

13-Mar-20



ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	NECESSIDADES DE AQUECIMENTO	3
2.1	Real (N_{ic})	4
2.2	Transferência de calor por transmissão através da envolvente	4
2.3	Transferência de calor por renovação de ar (ventilação)	9
2.4	Ganhos Térmicos Úteis	11
2.5	Referência (N_i)	13
3.	NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO.....	17
3.1	Real (N_{vc})	17
3.2	Transferência de calor por transmissão através da envolvente	17
3.3	Transferência de calor por renovação de ar (ventilação)	19
3.4	Ganhos Térmicos Úteis	20
3.5	Fator de utilização de ganhos.....	21
3.6	Referência (N_v)	22
3.7	Fator de utilização de ganhos de referência.....	22
3.8	Ganhos térmicos de referência	22
4.	NECESSIDADES DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA	24
5.	VENTILAÇÃO MECÂNICA.....	25
6.	RENOVÁVEIS	26
6.1	Sistemas solares térmicos.....	26
6.2	Sistemas solares fotovoltaicos.....	26
6.3	Sistemas eólicos	27
6.4	Biomassa	28
6.5	Geotermia	30
6.6	Mini-hídrica	31
6.7	Aerotérmica e geotérmica (bombas de calor)	32
7.	NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA.....	33
7.1	Real (N_{ic})	34
7.2	Referência (N_i)	37
8.	CLASSE ENERGÉTICA	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desempenho energético de edifícios de habitação: real vs referência.	2
Figura 2 – Balanço de energia do edifício: necessidades de aquecimento.....	3
Figura 3 – Transferência de calor por transmissão através da envolvente.	5
Figura 4 – Transferência de calor por transmissão através da envolvente.	18
Figura 5 – Exemplo: determinação da Classe Energética.....	43
Figura 6 – Exemplo: determinação da Classe Energética.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fator de orientação, (Tabela 01 do Despacho n.º 15793-I/2013).....	12
Tabela 2 – Coeficientes de transmissão térmica, (Tabela I.01 da Portaria n.º 379-A/2015).	14
Tabela 3 – Coeficientes de transmissão térmica linear (Tabela I.02 da Portaria n.º 349-B/2013).	14
Tabela 4 – Requisitos mínimos de eficiência de sistemas queima de combustível.....	37
Tabela 5 – Requisitos mínimos de eficiência de sistemas de ar condicionado para aquecimento.	38
Tabela 6 – Requisitos mínimos de eficiência de sistemas de ar condicionado para arrefecimento.	38
Tabela 7 – Requisitos mínimos de eficiência de “outros sistemas “de arrefecimento ambiente.	39
Tabela 8 – Requisitos mínimos de eficiência de sistemas de AQS a queima de combustível.....	39
Tabela 9 – Classe Energética.....	41

1. INTRODUÇÃO

O desempenho energético de edifícios de habitação assenta em dois balanços de energia, **real e referência**, contabilizando-se no primeiro as necessidades de energia primária para aquecimento, arrefecimento, preparação de água quentes sanitárias e ventilação mecânica e ainda o contributo de sistemas renováveis. No balanço de referência o procedimento é similar, no entanto, considera-se a inexistência de sistemas renováveis e a ventilação exclusivamente natural.

Os balanços de energia são efetuados em condições nominais, considerando-se uma temperatura interior de 18 °C na estação de aquecimento e de 25 °C na estação de arrefecimento.

A classe energética dos edifícios de habitação é obtida pela relação entre os dois balanços acima descritos, sendo que para edifícios novos é exigido que o valor do balanço real seja igual ou inferior ao de referência.

Ao nível do aquecimento e arrefecimento, os balanços são então elaborados de acordo com o seguinte:

- **Transferência de calor pela envolvente dos edifícios**

Estabelece a quantidade de energia que é transferida por todos os elementos da envolvente, opacos, não opacos, exteriores, interiores e em contacto com o solo, como paredes, coberturas, pavimentos, pontes térmicas planas, pontes térmicas lineares ou vãos envidraçados.

- **Transferência de calor por renovação de ar (ventilação)**

Estabelece as transferências de calor (perdas) por ventilação (natural ou mecânica) nas habitações. Ao introduzir ar novo exterior estamos a promover uma renovação e ao mesmo tempo a contribuir para a salubridade do imóvel. Por outro lado, a diferença de temperaturas entre o ar introduzido e a temperatura pretendida no interior obriga à necessidade de compensar esse desfasamento com um aumento das necessidades de energia.

- **Ganhos térmicos**

Na estação de aquecimento, uma habitação possui ganhos solares pelos vãos envidraçados e ganhos devido às cargas internas, podendo estas ser provocadas pela iluminação, pelos equipamentos e pela ocupação. Os ganhos solares dependem

sobretudo das dimensões e características dos vãos envidraçados, orientação e dos elementos que neles provocam sombreamento.

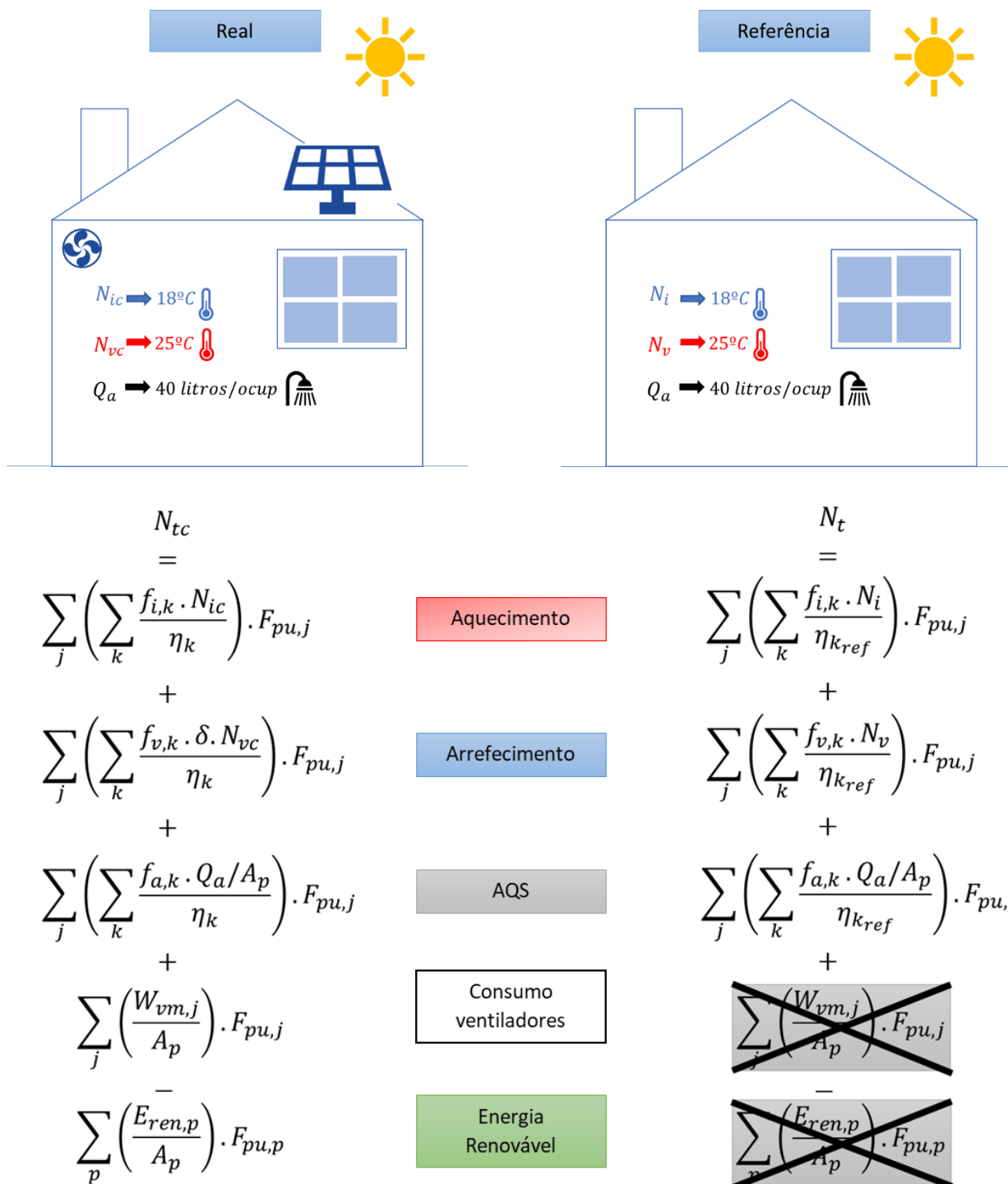


Figura 1 – Desempenho energético de edifícios de habitação: real vs referência.

2. NECESSIDADES DE AQUECIMENTO

As necessidades de energia útil para aquecimento traduzem a quantidade de energia necessária para manter a habitação a 18°C durante 24 horas e durante toda a estação de aquecimento. Estas necessidades são determinadas contabilizando a transferência de calor pela envolvente, a transferência de calor por ventilação e os ganhos de calor úteis, sendo os últimos devido às fontes internas de calor e aos ganhos através dos vãos envidraçados.

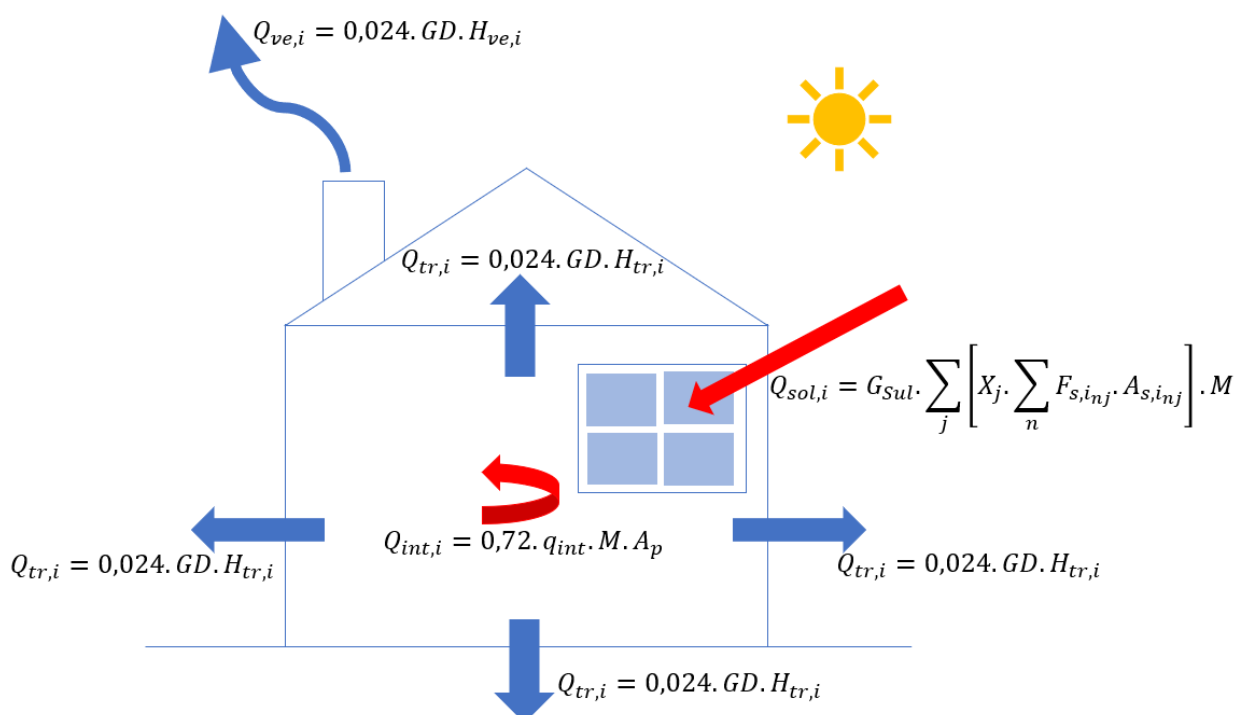


Figura 2 – Balanço de energia do edifício: necessidades de aquecimento.

2.1 REAL (N_{ic})

O valor das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, N_{ic} , é dado pela expressão seguinte, sendo este um valor anual e dado por unidade de área.

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}) / A_p \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{ano)]}$$

Onde:

$Q_{tr,i}$ – Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios [kWh];

$Q_{ve,i}$ – Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento [kWh];

$Q_{gu,i}$ – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes [kWh];

A_p – Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior [m²].

Este valor reflete a quantidade de energia anual necessária para aquecer a habitação até à sua temperatura de conforto (18°C), e resulta da diferença entre a quantidade de ganhos térmicos (ganhos solares ou cargas térmicas internas), e as transferências (perdas) de calor (pelos elementos construtivos da envolvente ou por ventilação).

2.2 TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO ATRAVÉS DA ENVOLVENTE

A transferência de calor através da envolvente é obtida pela expressão seguinte:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i} \text{ [kWh]}$$

Em que:

GD – Número de graus-dia de aquecimento especificados para cada região NUTS III [°C.dia];

$H_{tr,i}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento [W/°C].

A fórmula apresentada representa a quantidade de energia útil perdida pela envolvente na estação de aquecimento, ou seja, a quantidade de calor que atravessa os elementos construtivos, impulsionada pelo diferencial de temperatura entre o exterior (<18°C) e o interior da habitação (18°C). O coeficiente $H_{tr,i}$ traduz a potência transferida pela envolvente por cada °C de diferença entre a temperatura interior e a exterior, sendo o fluxo de calor realizado no sentido da temperatura mais elevada para a temperatura mais baixa. Este coeficiente é então multiplicado pelos graus-

dia, valor que representa a soma das diferenças entre a temperatura exterior e a temperatura interior de 18°C para toda a estação de aquecimento.

O valor de graus-dia é obtido recorrendo à tabela 04 do Despacho n.º 15793-F/2013, variando o valor com a região NUTS III e com a altitude do local, encontrando-se no referido despacho a equação necessária à sua determinação.

O coeficiente global de transmissão de calor por transmissão na estação de aquecimento, $H_{tr,i}$, é dado pelo somatório dos coeficientes de transmissão de calor das várias componentes da envolvente e traduz-se na seguinte expressão, constante no despacho n.º 15793-K/2013:

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} [W/^{\circ}C]$$

Onde:

H_{ext} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior [$W/^{\circ}C$];

H_{enu} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não úteis [$W/^{\circ}C$];

H_{adj} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes [$W/^{\circ}C$];

H_{ecs} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo [$W/^{\circ}C$].

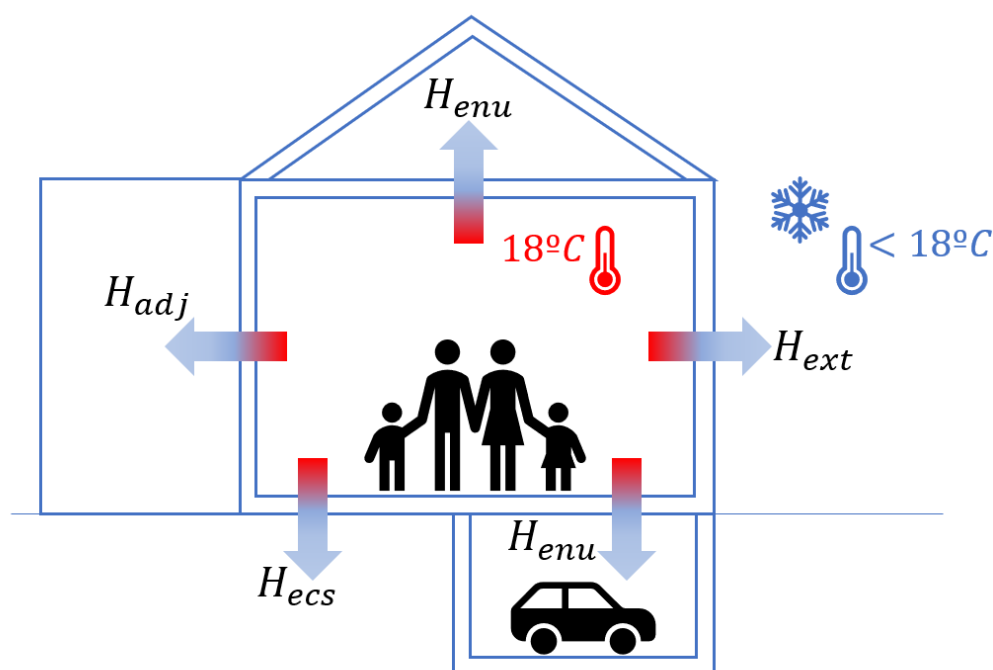


Figura 3 – Transferência de calor por transmissão através da envolvente.

2.2.1 TRANSFERÊNCIA DE CALOR PELA ENVOLVENTE EXTERIOR

O coeficiente de transferência de calor por transmissão através da envolvente exterior é determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$H_{ext} = \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\psi_j \cdot B_j] \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

Onde:

U_i – Coeficiente de transmissão térmica do elemento i da envolvente [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$];

A_i – Área do elemento i da envolvente, medida pelo interior do edifício [m^2];

ψ_j – Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear j [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$];

B_j – Desenvolvimento linear da ponte térmica linear j , medido pelo interior do edifício [m].

O coeficiente de transmissão de calor pela envolvente exterior é então determinado considerando todos os elementos constituintes da mesma (paredes, coberturas, pavimentos, pontes térmicas planas, pontes térmicas lineares, vãos opacos e vãos envidraçados).

Exemplo: Determinar o valor de H_{ext} de uma fração autónoma localizada num piso intermédio com os seguintes elementos:

- 35 m^2 de parede exterior com $U_{parede} = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- 60 m^2 de cobertura exterior com $U_{cobertura} = 0,36 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- 2 m^2 de vãos opacos exteriores com $U_{v\tilde{a}os \text{ opacos}} = 2,76 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- 7 m^2 de pontes térmicas planas (pilares, vigas e caixas de estore) com $U_{ptp} = 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- 15 m^2 de vãos envidraçados exteriores com $U_{wdn} = 2,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- 64 m de ponte térmica linear (fachada com pavimento intermédio) com $\Psi_{PTL1} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.
- 12 m de ponte térmica linear (duas paredes verticais com ângulo saliente) com $\Psi_{PTL2} = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.
- 16 m de ponte térmica linear (fachada com caixilharia) com $\Psi_{PTL3} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.
- 4 m de ponte térmica linear (fachada com caixa de estore) com $\Psi_{PTL4} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Resolução: O coeficiente é então obtido de acordo com os seguintes cálculos:

$$H_{ext} = U_{parede} \times A_{parede} + U_{cobertura} \times A_{cobertura} + U_{vãosopacos} \times A_{vãosopacos} + U_{ptp} \times A_{ptp} + U_{wdn} \times A_w \\ + \Psi_{PTL1} \times B_{PTL1} + \Psi_{PTL2} \times B_{PTL2} + \Psi_{PTL3} \times B_{PTL3} + \Psi_{PTL4} \times B_{PTL4} [W/^{\circ}C]$$

Ou seja:

$$H_{ext} = 0,45 \times 35 + 0,36 \times 60 + 2,76 \times 2 + 0,90 \times 7 + 2,20 \times 15 + 0,15 \times 64 + 0,40 \times 12 + 0,25 \times 16 \\ + 0,30 \times 4 = 101,77 W/^{\circ}C$$

2.2.2 TRANSFERÊNCIA DE CALOR PELA ENVOLVENTE INTERIOR

O coeficiente de transferência de calor por transmissão através do envoltente interior é determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$H_{enu;adj} = b_{tr} \times \left(\sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\psi_j \cdot B_j] \right) [W/^{\circ}C]$$

Onde:

b_{tr} – Coeficiente de redução de perdas de determinado espaço não útil ou edifício adjacente.

A determinação do coeficiente de transmissão de calor da envoltente interior é similar ao da envoltente exterior, com a diferença de se afetar pelo coeficiente de redução de perdas. Como a envoltente está em contacto com um espaço interior, a quantidade de trocas pela envoltente é condicionada pela temperatura no interior desse espaço refletida no respetivo b_{tr} .

Exemplo: Determinar o valor de H_{enu} de uma fração autónoma localizada num piso intermédio com os seguintes elementos:

$$b_{tr(escadas)} = 0,80; b_{tr(elevador)} = 0,70$$

- 15 m² de parede interior em contacto com caixa de escadas $U_{penu1} = 0,43 W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$
- 2 m² de vãos opacos interiores em contacto com caixa de escada $U_{vãosopacos} = 2,21 W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$
- 1 m² de pontes térmicas planas (vigas) em contacto com caixa de escadas $U_{ptp(enu)} = 0,83 W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$
- 10 m de ponte térmica linear (fachada com pavimento intermédio) em paredes em contacto com caixa de escadas com $\Psi_{PTL(enu)1} = 0,15 W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$
- 6 m² de parede interior em contacto com caixa de elevador $U_{penu2} = 0,56 W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$

Resolução:

$$H_{enu} = b_{tr(escadas)} \times (U_{penu1} \times A_{penu1} + U_{vãosopacos} \times A_{vãosopacos} + U_{ptp(enu)} \times A_{ptp(enu)} + \Psi_{PTL(enu)1} \times B_{PTL(enu)1}) + b_{tr(elevador)} \times (U_{penu2} \times A_{penu2}) [W/^{\circ}C]$$

Ou seja:

$$H_{enu} = 0,80 \times (0,43 \times 15 + 2,21 \times 2 + 0,83 \times 1 + 0,15 \times 10) + 0,70 \times (0,56 \times 6) = 12,91 W/^{\circ}C$$

2.2.3 TRANSFERÊNCIA DE CALOR PELA ENVOLVENTE EM CONTACTO COM O SOLO

O coeficiente de transferência de calor por transmissão através da envolvente em contacto com o solo é determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$H_{ecs} = \sum_i [U_{bfi} \cdot A_i] + \sum_j [z_j \cdot P_j \cdot U_{bwj}] [W/^{\circ}C]$$

Em que:

U_{bfi} – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado i [$W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$];

A_i – Área do pavimento em contacto com o solo i , medida pelo interior do edifício [m^2];

z_j – Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo j [m];

P_j – Desenvolvimento total da parede em contacto com o solo j , medido pelo interior [m];

U_{bwj} – Coeficiente de transmissão térmica da parede em contacto com o solo j [$W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$].

Exemplo: Determinar o valor de H_{ecs} de uma fração que possui pavimento enterrado com os seguintes elementos:

- 100 m² de pavimento em contacto com o terreno com $U_{bf} = 0,60 W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$
- 15 m² de parede em contacto com terreno com $U_{bw} = 0,43 W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$
- Profundidade média de parede enterrada $z = 3 m$
- 5 m de comprimento da parede em contacto com solo (medida pelo interior)

Resolução:

$$H_{ecs} = U_{bf} \times A_{bf} + z \times P \times U_{bw} [W/^{\circ}C]$$

Ou seja:

$$H_{ecs} = 0,60 \times 100 + 3 \times 5 \times 0,43 = 66,45 W/^{\circ}C$$

2.3 TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DE AR (VENTILAÇÃO)

A transferência de calor através da renovação do ar é obtida pela expressão seguinte:

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times GD \times H_{ve,i} [kWh]$$

Em que:

GD – Número de graus-dia de aquecimento especificados para cada região NUTS III [$^{\circ}C \cdot dia$];

$H_{ve,i}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento [$W/^{\circ}C$].

O coeficiente $H_{ve,i}$ pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$H_{ve,i} = 0,34 \cdot R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d [W/^{\circ}C]$$

Em que:

$R_{ph,i}$ – Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento [h^{-1}];

A_p – Área de pavimento [m^2];

P_d – Pé direito [m].

A taxa nominal de renovação do ar interior deve ser determinada por recurso à folha de cálculo Ventilação R_{ph}^1 , providenciado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

O valor da taxa nominal de renovação do ar na estação de aquecimento $R_{ph,i}$ tem de ser igual ou superior a 0,4 renovações por hora. No caso dos edifícios existentes, caso o valor seja inferior a 0,4 renovações por hora, para efeitos de cálculo dever-se-á utilizar o valor mínimo exigido. No real, não existe um limite superior.

$$R_{ph,i} \geq 0,4 \text{ renovações por hora}$$

¹ Disponível para download em <http://www.lnec.pt/pt/servicos/ferramentas/aplicacoes-informaticas/eficiencia-energetica/>

Caso a ventilação seja assegurada por meios providos de dispositivos de recuperação de calor do ar extraído, a fórmula para determinação do $Q_{ve,i}$ é ainda afetada do fator de correção de temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor.

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times GD \times b_{ve,i} \times H_{ve,i} [kWh]$$

O fator de correção de temperatura, tendo em conta o sistema de recuperação de calor, é calculado recorrendo à seguinte equação:

$$b_{ve,i} = 1 - \eta_{RC} \cdot \frac{\dot{V}_{ins}}{R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d}$$

Em que:

η_{RC} – Rendimento do sistema de recuperação de calor;

$\dot{V}_{ins}$ – Valor médio diário do caudal de ar insuflado através do sistema de recuperação de calor [m³/h].

2.4 GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS

Na estação de aquecimento, uma habitação possui dois tipos de ganhos térmicos, por cargas internas e pelos vãos envidraçados. A determinação dos ganhos úteis é então obtida pela equação seguinte, onde $Q_{g,i}$ representa os ganhos térmicos brutos (ganhos por fontes internas + ganhos por vãos envidraçados) e η_i o fator de utilização de ganhos térmicos, fator que depende da inércia térmica do edifício e da relação entre os ganhos e as perdas.

$$Q_{gu,i} = \eta_i \cdot Q_{g,i} \text{ [kWh]}$$

Tal como referido anteriormente, os ganhos térmicos brutos são o somatório dos ganhos por fontes internas e dos ganhos pelos vãos envidraçados.

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \text{ [kWh]}$$

Os ganhos por fontes internas variam com os ganhos térmicos internos médios (q_{int}) que, para o regulamento em vigor, tomam sempre o valor de 4 W/m², com a duração média da estação de aquecimento (M) e com a área interior útil de pavimento.

A duração média da estação é determinada recorrendo ao Despacho n.º 15793-F/2013, devendo considerar-se a altitude do local em estudo.

$$Q_{int,i} = 0,72 \cdot q_{int} \cdot M \cdot A_p \text{ [kWh]}$$

Já os ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados são determinados pela seguinte equação:

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \cdot \sum_j \left[X_j \cdot \sum_n F_{s,ijn} \cdot A_{s,ijn} \right] \cdot M \text{ [kWh]}$$

Onde:

G_{sul} – Valor médio de energia solar incidente numa superfície vertical orientada a sul, durante a estação de aquecimento, por unidade de superfície [kWh/(m².mês)] (Tabela 04 do Despacho n.º 15793-F/2013);

X_j – Fator de orientação para as diferentes exposições (Tabela 01 do Despacho n.º 15793-I/2013);

$F_{s,ijn}$ – Fator de obstrução do vão envidraçado n com orientação j na estação de aquecimento;

$A_{s,ij}$ – Área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície n com orientação j [m^2];

j – Índice que corresponde a cada uma das orientações;

n – Índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação j ;

M – Duração média da estação convencional de aquecimento [mês].

Tabela 1 – Fator de orientação, (Tabela 01 do Despacho n.º 15793-I/2013).

Orientação do vão (j)	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
X_j	0,27	0,33	1	0,84	0,56	0,89

A determinação do fator de obstrução e da área efetiva coletora de um vão envidraçado pode ser consultada no guia “3.0 Guia SCE - Parâmetros de Cálculo”.

O fator de utilização dos ganhos térmicos (η_i) varia com a relação entre os ganhos térmicos brutos e a soma das transferências de calor pela envolvente e por ventilação, definindo-se o fator γ , e com a inércia térmica do edifício, traduzindo-se através do fator α .

$$\gamma = Q_g / (Q_{tr} + Q_{ve})$$

O fator α toma um valor fixo consoante a classe de inércia térmica:

- Inércia térmica fraca – $\alpha = 1,8 \text{ W/}^\circ\text{C}$;
- Inércia térmica média – $\alpha = 2,6 \text{ W/}^\circ\text{C}$;
- Inércia térmica forte – $\alpha = 4,2 \text{ W/}^\circ\text{C}$.

O fator de utilização dos ganhos térmicos (η_i) é então determinado de acordo com as três condições seguintes:

- Se $\gamma \neq 1$ e $\gamma > 0$ $\eta_i = \frac{1-\gamma^\alpha}{1-\gamma^{\alpha+1}}$
- Se $\gamma = 1$, $\eta_i = \frac{\alpha}{\alpha+1}$
- Se $\gamma < 0$ $\eta_i = \frac{1}{\gamma}$

2.5 REFERÊNCIA (N_i)

O valor das necessidades nominais de energia útil para aquecimento de referência, N_i , é dado pela expressão seguinte, sendo este um valor anual e dado por unidade de área.

$$N_i = (Q_{tr,i_{ref}} + Q_{ve,i_{ref}} - Q_{gu,i_{ref}}) / A_p \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{ano)]}$$

Nota: De acordo com a Portaria n.º 319/2016, em vigor desde 15 de dezembro de 2016, "deve ser considerado um valor de necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de 5 kWh/(m².ano), sempre que N_i seja inferior àquele valor". Antes da entrada em vigor da referida portaria não existia qualquer limite para o valor de N_i .

2.5.1 TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO ATRAVÉS DA ENVOLVENTE

O método para determinação da transferência de calor por transmissão através da envolvente na referência é idêntico ao real, com as seguintes particularidades:

- Os valores dos coeficientes de transmissão térmica tomam os valores de referência constantes na Tabela I.01 da Portaria n.º 379-A/2015, variando com a data de licenciamento.

Tabela 2 – Coeficientes de transmissão térmica, (Tabela I.01 da Portaria n.º 379-A/2015).

U _{ref} [W/(m ² .°C)]		Zona Climática					
Zona corrente da envolvente:		Portugal Continental					
		Com a entrada em vigor do presente regulamento			A partir de 1 de janeiro de 2016		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas b _{tr} >0.7	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30	0,40	0,35	0,30
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas b _{tr} 0.7	Elementos opacos verticais	1,00	0,80	0,70	0,80	0,70	0,60
	Elementos opacos horizontais	0,80	0,70	0,60	0,60	0,60	0,50
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U _w)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		
Zona corrente da envolvente:		Regiões Autónomas					
		Com a entrada em vigor do presente regulamento			A partir de 31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas b _{tr} >0.7	Elementos opacos verticais	0,80	0,65	0,50	0,70	0,60	0,45
	Elementos opacos horizontais	0,55	0,50	0,45	0,45	0,40	0,35
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas b _{tr} ≤0.7	Elementos opacos verticais	1,60	1,50	1,40	0,90	0,80	0,70
	Elementos opacos horizontais	1,00	0,90	0,80	0,70	0,70	0,60
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U _w)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		

- Os valores dos coeficientes de transmissão térmica linear tomam os valores de referência constantes na Tabela I.02 da Portaria n.º 349-B/2013.

Tabela 3 – Coeficientes de transmissão térmica linear (Tabela I.02 da Portaria n.º 349-B/2013).

Tipo de ligação	ψ_{ref} [W/(m.°C)]
Fachada com pavimentos térreos Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido Fachada com cobertura Fachada com pavimento de nível intermédio ⁽¹⁾ Fachada com varanda ⁽¹⁾	0,50
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0,40
Fachada com caixilharia Zona da caixa de estore	0,20

⁽¹⁾ Corresponde a metade da perda originada na ligação.

- A área de vãos não pode exceder 20% da área interior útil de pavimento do edifício, devendo a eventual área excedente ser somada à área de envolvente opaca exterior sendo que, para ambos os tipos de elementos, devem ser usados os respetivos coeficientes de referência indicados nos pontos anteriores. Esta análise é efetuada considerando a área total de vãos envidraçados inseridos em espaços úteis e a área total útil de pavimento.

2.5.2 TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DE AR (VENTILAÇÃO)

A determinação da transferência de calor por renovação do ar na referência é similar ao real, devendo-se considerar-se a taxa de renovação real, sempre que esta seja superior a 0,4 e inferior a 0,6 renovações por hora.

$$0,4 \leq R_{ph,i \text{ real}} \leq 0,6 \rightarrow \text{Considerar } R_{ph,i \text{ real}}$$

$$R_{ph,i \text{ real}} < 0,4 \rightarrow \text{Considerar } R_{ph,i} = 0,4$$

$$R_{ph,i \text{ real}} > 0,6 \rightarrow \text{Considerar } R_{ph,i} = 0,6$$

2.5.3 GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS

Tal como para a transferência de calor pela envolvente e pela renovação do ar, os ganhos térmicos úteis são determinados de forma similar ao edifício real com algumas particularidades.

$$Q_{gu,i_{ref}} = \eta_{i_{ref}} \cdot Q_{g,i_{ref}} [kWh]$$

Na referência, o fator de utilização de ganhos térmicos na estação de aquecimento toma o valor de 0,6.

$$\eta_{i_{ref}} = 0,6$$

$$Q_{g,i_{ref}} = Q_{int,i_{ref}} + Q_{sol,i_{ref}} [kWh]$$

Para determinação dos ganhos brutos (somatório das fontes internas com os ganhos solares pelos vãos envidraçados), a parcela das fontes internas toma o mesmo valor do edifício real, sendo todos os parâmetros constantes.

$$Q_{int,i} = Q_{int,i_{ref}} = 0,72 \times 4 \times M \times A_p [kWh]$$

Quanto aos ganhos solares, a sua contabilização foi alterada ao longo do tempo, existindo três equações para os diferentes períodos:

- Entre 01/12/2013 e 31/12/2015 (Portaria n.º 349-B/2013);

$$Q_{sol,i_{ref}} = G_{sul} \times 0,182 \times 0,20 \times A_p [kWh]$$

- Entre 01/01/2016 e 24/12/2016 (Portaria n.º 379-A/2015);

$$Q_{sol,i_{ref}} = G_{sul} \times 0,182 \times 0,20 \times A_p \times M [kWh]$$

- Após 25/12/2016 (Portaria n.º 319/2016);

$$Q_{sol,i_{ref}} = G_{sul} \times 0,146 \times 0,15 \times A_p \times M [kWh]$$

Para um edifício com licenciamento posterior a 25/12/2016, o cálculo dos ganhos úteis toma a seguinte expressão:

$$Q_{gu,i_{ref}} = 0,6 \times (0,72 \times 4 \times M \times A_p + G_{sul} \times 0,146 \times 0,15 \times A_p \times M) [kWh]$$

Em suma, os ganhos úteis de referência variam com a duração da estação de aquecimento, com a área de pavimento e com a energia solar média mensal recebida numa superfície orientada a sul.

3. NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO

As necessidades de energia útil para arrefecimento traduzem a quantidade de energia necessária para manter a habitação a 25°C durante 24 horas e durante toda a estação de arrefecimento. Estas necessidades são determinadas contabilizando a transferência de calor pela envolvente, a transferência de calor por ventilação e os ganhos térmicos, sendo os últimos devido às fontes internas de calor e aos ganhos através dos vãos envidraçados.

3.1 REAL (N_{vc})

O valor das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento, N_{vc} , é dado pela expressão seguinte, sendo este valor anual e dado por unidade de área.

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \times Q_{g,v} / A_p \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{ano)]}$$

Onde:

η_v – Fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento;

$Q_{g,v}$ – Ganhos térmicos úteis brutos na estação de arrefecimento;

A_p – Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior [m²].

O fator de utilização de ganhos na estação de arrefecimento é determinado pelo mesmo método usado na estação de aquecimento, sendo por isso necessário determinar para esta estação a transferência de calor por transmissão ($Q_{tr,v}$), por renovação do ar ($Q_{ve,v}$) e os ganhos térmicos ($Q_{g,v}$).

À semelhança da necessidade de aquecimento, as necessidades de arrefecimento resultam da diferença entre os ganhos térmicos e as transferências de calor.

3.2 TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO ATRAVÉS DA ENVOLVENTE

A transferência de calor através da envolvente é obtida pela expressão seguinte:

$$Q_{tr,v} = H_{tr,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times L_v / 1000 \text{ [kWh]}$$

Onde:

$H_{tr,v}$ – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento [W/°C];

$\theta_{v,ref}$ – Temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento, igual a 25°C;

$\theta_{v,ref}$ – Temperatura média do ar exterior para a estação de arrefecimento (Tabela 05 do Despacho n.º 15793-F/2013) [$^{\circ}\text{C}$];

L_v – Duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas.

O coeficiente global de transmissão de calor por transmissão na estação de arrefecimento, $H_{tr,v}$, é dado pelo somatório dos coeficientes de transmissão de calor das várias envolventes e traduz-se na seguinte expressão, constante no despacho n.º 15793-K/2013. Nota para que na estação de arrefecimento não são contabilizadas as trocas de calor com edifícios adjacentes. Os restantes coeficientes de transferência de calor são determinados pelo mesmo método utilizado na estação de aquecimento.

$$H_{tr,v} = H_{ext} + H_{enu} + H_{ecs} [W/^{\circ}\text{C}]$$

Onde:

H_{ext} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior [$W/^{\circ}\text{C}$];

H_{enu} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não úteis [$W/^{\circ}\text{C}$];

H_{ecs} – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo [$W/^{\circ}\text{C}$].

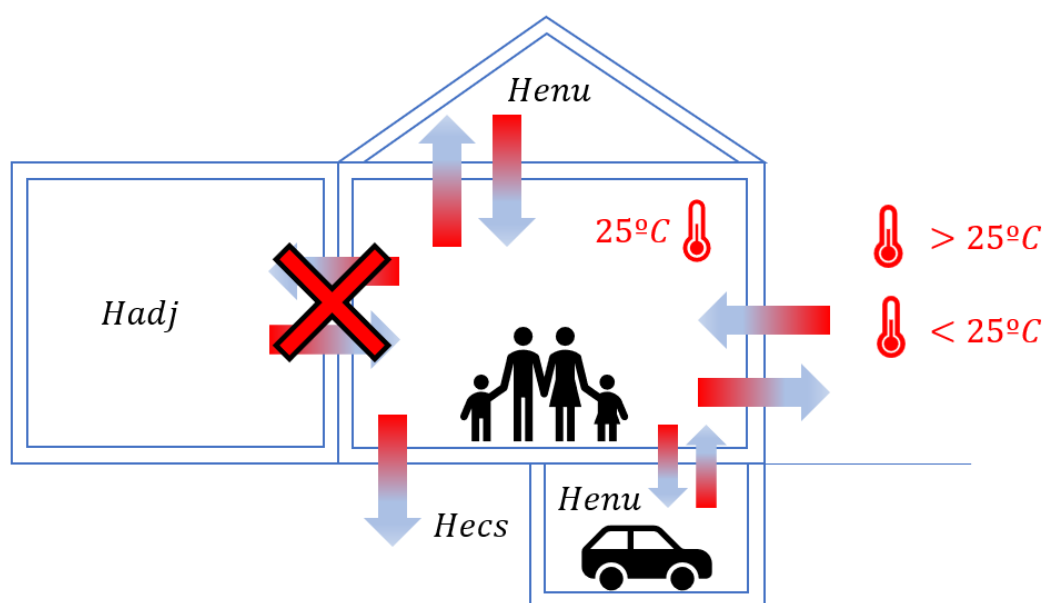


Figura 4 – Transferência de calor por transmissão através da envolvente.

3.3 TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DE AR (VENTILAÇÃO)

A transferência de calor através da renovação do ar é obtida pela expressão seguinte:

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \times (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times L_v / 1000 \text{ [kWh]}$$

Onde:

$$H_{ve,v} = 0,34 \times R_{ph,v} \times A_p \times P_d \text{ [W/°C]}$$

Em que:

$R_{ph,v}$ – Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento [h^{-1}].

A equação original toma então a seguinte expressão:

$$Q_{ve,v} = 0,34 \times R_{ph,v} \times A_p \times P_d \times (25 - \theta_{v,ext}) \times 2928 / 1000 \text{ [kWh]}$$

A determinação da taxa nominal de renovação do ar interior deve ser determinada por recurso à folha de cálculo Ventilação R_{ph} ² disponibilizada pelo LNEC. Para efeitos de cálculo, o valor de $R_{ph,v}$ não pode ser inferior a 0,6 renovações por hora.

$$R_{ph,v} \geq 0,6 \text{ renovações por hora}$$

Caso a ventilação seja assegurada por meios providos de dispositivos de recuperação de calor do ar extraído, a fórmula para determinação do $Q_{ve,v}$ é ainda afetada do fator de correção de temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor.

$$Q_{ve,v} = b_{ve,v} \times 0,34 \times R_{ph,v} \times A_p \times P_d \times (25 - \theta_{v,ext}) \times 2928 / 1000 \text{ [kWh]}$$

O fator de correção de temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor é calculado recorrendo à seguinte equação:

$$b_{ve,v} = 1 - \eta_{RC} \cdot \frac{\dot{V}_{ins}}{R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d}$$

² Disponível para download em <http://www.lnec.pt/pt/servicos/ferramentas/aplicacoes-informaticas/eficiencia-energetica/>

Em que:

η_{RC} – Rendimento do sistema de recuperação de calor;

$\dot{V}_{ins}$ – Valor médio diário do caudal de ar insuflado através do sistema de recuperação de calor [m³/h].

3.4 GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS

Na estação de arrefecimento, uma habitação possui ganhos térmicos por cargas internas e pelos ganhos solares através da radiação incidente nas envolventes exteriores opacas e envidraçadas. A determinação dos ganhos úteis é então obtida pela equação seguinte, onde $Q_{g,v}$ representa os ganhos térmicos brutos.

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} [kWh]$$

Onde:

$Q_{int,v}$ – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor;

$Q_{sol,v}$ – Ganhos térmicos associados à radiação solar incidente nas envolventes exteriores opaca e envidraçada.

Os ganhos por fontes internas variam com os ganhos térmicos internos médios (q_{int}) que, para o regulamento em vigor, tomam sempre o valor de 4 W/m², com a duração média da estação de arrefecimento (L_v) e com a área interior útil de pavimento.

$$Q_{int,v} = q_{int} \cdot A_p \cdot L_v / 1000 [kWh]$$

Já os ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados são determinados pela seguinte equação:

$$Q_{sol,v} = \sum_j \left[G_{solj} \times \sum_n F_{s,vnj} \cdot A_{s,vnj} \right] [kWh]$$

Onde:

G_{sol} – Energia solar média incidente numa superfície com orientação j durante toda a estação de arrefecimento (Tabela 05 do Despacho n.º 15793-F/2013, fator I_{sol}) [kWh/m²];

$F_{s,vnj}$ – Fator de obstrução da superfície do elemento n com orientação j na estação de arrefecimento;

$A_{s,vnj}$ – Área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento n com orientação j [m^2];

j – Índice que corresponde a cada uma das orientações;

n – Índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação j .

A determinação do fator de obstrução e da área efetiva coletora de um vão envidraçado pode ser consultada no guia “3.0 Guia SCE - Parâmetros de Cálculo”.

3.5 FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

O fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento (η_v) varia com a relação entre os ganhos térmicos brutos e a soma das transferências de calor pela envolvente e por ventilação, definindo-se o fator γ , e com a inércia térmica do edifício, traduzindo-se através do fator α .

$$\gamma = Q_g / (Q_{tr} + Q_{ve})$$

O fator α toma um valor fixo consoante a classe de inércia térmica:

- Inércia térmica fraca – $\alpha = 1,8 \text{ W/}^\circ\text{C}$;
- Inércia térmica média – $\alpha = 2,6 \text{ W/}^\circ\text{C}$;
- Inércia térmica forte – $\alpha = 4,2 \text{ W/}^\circ\text{C}$.

O fator de utilização dos ganhos térmicos (η_v) é então determinado de acordo com as três condições seguintes:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| a) Se $\gamma \neq 1$ e $\gamma > 0$ | $\eta_v = \frac{1-\gamma^\alpha}{1-\gamma^{\alpha+1}}$ |
| b) Se $\gamma = 1$ | $\eta_v = \frac{\alpha}{\alpha+1}$ |
| c) Se $\gamma < 0$ | $\eta_v = \frac{1}{\gamma}$ |

3.6 REFERÊNCIA (N_v)

O valor das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento de referência, N_v , é dado pela expressão seguinte, sendo este valor anual e dado por unidade de área.

$$N_v = (1 - \eta_{v_{ref}}) \times Q_{g,v_{ref}} / A_p \text{ [kWh/m}^2 \cdot \text{ano]}$$

Onde:

$\eta_{v_{ref}}$ – Fator de utilização de ganhos térmicos de referência;

$Q_{g,v_{ref}}$ – Ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento [kWh].

3.7 FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

O fator de utilização de ganhos na referência é função da diferença de temperaturas no interior do edifício (25°C) e no exterior (obtida recorrendo à Tabela 05 do Despacho n.º 15793-F/2013).

$$\eta_{v_{ref}} = \begin{cases} 0,52 + 0,22 \times \ln(\Delta\theta) & \rightarrow \Delta\theta > 1 \\ 0,45 & \rightarrow 0 < \Delta\theta \leq 1 \\ 0,30 & \rightarrow \Delta\theta \leq 0 \end{cases}$$

3.8 GANHOS TÉRMICOS DE REFERÊNCIA

Os ganhos térmicos na estação de arrefecimento são obtidos pela expressão seguinte:

$$Q_{g,v_{ref}} / A_p = \left[q_{int} \cdot \frac{L_v}{1000} + g_{v_{ref}} \cdot (A_w / A_p)_{ref} \cdot I_{sol_{ref}} \right] \text{ [kWh/m}^2 \text{]}$$

Onde:

q_{int} – Ganhos internos médios, contabilizados em 4 W/m²;

$I_{sol_{ref}}$ – Radiação solar média de referência, correspondente à radiação incidente numa superfície **orientada a oeste** (Tabela 05 do Despacho n.º 15793-F/2013);

L_v – Duração da estação de arrefecimento (2928 horas);

$(A_w / A_p)_{ref}$ – Razão entre a área de vãos e a área interior útil de pavimento, que se assume igual a 20%;

$g_{v_{ref}}$ – Fator solar de referência para a estação de arrefecimento, contabilizado em 0,43.

Assim a equação anterior toma a seguinte forma:

$$Q_{g,v_{ref}}/A_p = 4 \times 2,928 + 0,43 \times 0,20 \times I_{sol_{ref}} [kWh/m^2]$$

$$Q_{g,v_{ref}}/A_p = 11,712 + 0,086 \times I_{sol_{ref}} [kWh/m^2]$$

4. NECESSIDADES DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA

As necessidades de água quente sanitária (AQS) numa habitação são determinadas para um consumo fixo diário de 40 litros por ocupante, durante 365 dias por ano, variando o número de ocupantes com a tipologia, de acordo com as seguintes regras:

$$T0 \rightarrow 2 \text{ ocupantes}$$

$$Tn \rightarrow n + 1 \text{ ocupantes}$$

Igualmente para a habitação, considera-se um aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS de 35°C, isto é, o acréscimo de temperatura dado à água da rede.

A determinação das necessidades (Q_a) é então efetuada recorrendo à seguinte equação:

$$Q_a = (M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d) / 3600000 \text{ [kWh/ano]}$$

Em que:

ΔT – Aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS e que, para efeitos de cálculo, toma o valor de referência de 35°C;

n_d – Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais que, para efeitos de cálculo, se considera de 365 dias.

O consumo médio diário de referência será calculado com a seguinte expressão:

$$M_{AQS} = 40 \times n \times f_{eh} \text{ [litros]}$$

n – Número de ocupantes;

f_{eh} – Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações prediais.

$$\text{Rótulo A ou superior} \rightarrow f_{eh} = 0,90$$

$$\text{Restantes casos} \rightarrow f_{eh} = 1,00$$

Nota: No edifício de referência o fator de eficiência hídrica toma sempre o valor 1.

5. VENTILAÇÃO MECÂNICA

Quando o edifício dispuser de sistemas mecânicos de ventilação com funcionamento contínuo (podem ter caudal constante ou variável) deve ser estimado o consumo de energia elétrica de funcionamento dos ventiladores (W_{vm}), pela expressão:

$$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} \times \frac{\Delta P}{\eta_{tot}} \times \frac{H_f}{1000} [kWh/ano]$$

Em que:

V_f – Caudal de ar médio diário escoado através do ventilador [m^3/h];

ΔP – Diferença de pressão total do ventilador [Pa];

η_{tot} – Rendimento total de funcionamento do ventilador;

H_f – Número de horas de funcionamento dos ventiladores durante um ano. Por defeito considera-se que os ventiladores funcionam 24 h/dia, devendo ser tomado o valor de 8760 h, sendo que, nos sistemas de ventilação híbridos, pode ser adotado outro valor desde que seja fundamentado com uma estimativa anual do funcionamento da ventilação da fração.

Na ausência de informação sobre os valores de ΔP e η_{tot} , a determinação do consumo deve ser efetuada recorrendo à seguinte equação:

$$W_{vm} = 0,3 \times V_f \times \frac{H_f}{1000} [kWh/ano]$$

Em situação idêntica à anterior, mas tratando-se de um sistema híbrido de baixa pressão (inferior a 20 Pa), o consumo dos ventiladores deve ser determinado de acordo com a expressão seguinte:

$$W_{vm} = 0,03 \times V_f \times \frac{H_f}{1000} [kWh/ano]$$

Caso o edifício não possua ventilação mecânica, W_{vm} toma o valor 0 (zero).

6. RENOVÁVEIS

As fontes de energia renováveis são de implementação obrigatória nos edifícios novos ao abrigo do SCE. Além da sua obrigatoriedade, o seu contributo é extremamente importante uma vez que permitem a redução do consumo de energia fósseis e por consequência a redução dos custos com energia para o utilizador.

O Despacho n.º 15793-H/2013, alterado pelos Despachos n.º 3156/2016 e 10346/2018, define, para vários tipos de sistema, a forma de contabilizar o seu contributo (E_{ren}), sendo este o valor a considerar para efeitos de cálculo e determinação da Classe Energética.

Encontram-se previstas alternativas de cálculo, desde que aprovadas pela DGEG e de acordo com o aditamento ao Despacho n.º 15793-H/2013 ("8 – Alternativas de cálculo") constante no Despacho n.º 10346/2018.

6.1 SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS

A energia produzida pelo sistema solar térmico, deve ser determinada com recurso à versão em vigor do programa SCE.ER da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) ou alternativa de cálculo válida

No caso dos edifícios existentes, para coletores solares térmicos instalados antes de julho de 2006, o valor da sua contribuição deve ser determinado recorrendo ao ponto 5 do Despacho n.º 15793-E/2013.

6.2 SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

A energia produzida pelo sistema solar fotovoltaico, deve ser determinada com recurso à versão em vigor do programa SCE.ER da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) ou alternativa de cálculo válida.

6.3 SISTEMAS EÓLICOS

A determinação da energia produzida por um aerogerador deverá ser efetuada através do somatório do produto entre a curva de potência do aerogerador e a função de distribuição por classes da velocidade do vento para o local em questão:

$$E_{ren} = \sum_{i=1}^n P_{(i)} \times F_{(i)} \text{ [kWh/ano]}$$

Em que:

i – Classes de vento, em intervalos não superiores a 1 m/s;

$P_{(i)}$ – Potência média do aerogerador na classe “ i ” [kW];

$F_{(i)}$ – Número de horas de vento na classe “ i ” [h].

Em alternativa ao número anterior, e sempre que não se disponha da caracterização detalhada do vento por distribuição de classes poderá, em regiões no exterior do perímetro urbano, a produção de energia elétrica decorrente de microgeradores eólicos ser determinada utilizando o mapeamento do potencial eólico recorrendo ao número de horas anuais equivalentes à potência nominal (NEPs) que, para efeito de cálculo no presente regulamento, podem ser consultadas no sítio da internet do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) para as cotas de 10 e 20 m, sendo que os valores de produção para cotas intermédias poderão ser interpolados linearmente e na ausência de caracterização experimental, para cotas abaixo de 10 m, assumir-se-ão os valores de 10 m e, para cotas acima de 20 m, assumir-se-ão os dados disponibilizados para 20 m.

Para as zonas no interior dos perímetros urbanos e na ausência de dados experimentais do vento ou de cálculos numéricos detalhados com programa de simulação de escoamentos (CFD), dever-se-á assumir como valor máximo, um número de horas anuais equivalentes de 750 horas.

Para as situações descritas nos números 2 e 3 e para qualquer região de Portugal Continental, a estimativa da energia a produzir anualmente será efetuada através da expressão:

$$E_{ren} = NEPs \times P_{nom} \text{ [kWh/ano]}$$

Em que:

$NEPs$ – Horas anuais equivalentes à P_{nom} [h.ano];

P_{nom} – Potência nominal da turbina [W].

Nos casos em que o sistema eólico esteja associado a várias frações, a contribuição renovável para cada uma das frações autónomas deverá ser repartida em função da sua permilagem.

6.4 BIOMASSA

A contribuição de um sistema de queima de biomassa sólida, quando utilizado para climatização, é determinada pela expressão:

$$E_{ren} = \left(\frac{N_{ic} \cdot A_p}{\eta_k} \right) \cdot f_{i,k} \text{ [kWh/ano]}$$

Em que:

$f_{i,k}$ – Parcela das necessidades de energia para aquecimento supridas pelo(s) sistema(s) a biomassa;

η_k – Eficiência do sistema a biomassa;

A_p – Área interior útil de pavimento [m²];

N_{ic} – Necessidades nominais de energia útil para aquecimento [kWh/(m².ano)].

Para efeitos do número anterior, a parcela das necessidades de energia para aquecimento supridas pelo sistema a biomassa $f_{i,k}$, deve ser estimada em função da área dos compartimentos servidos pelo sistema a biomassa e da área interior útil de pavimento, conforme a seguinte expressão:

$$f_{i,k} = \frac{A_s}{A_p}$$

Em que:

A_s – Área dos compartimentos servidos pelo sistema a biomassa [m²];

A_p – Área interior útil de pavimento [m²].

Quando utilizado para AQS, a contribuição de um sistema de queima a biomassa sólida é determinada pela expressão:

$$E_{ren} = \frac{Q_a}{\eta_k} \cdot f_{a,k} \text{ [kWh/ano]}$$

Em que:

$f_{a,k}$ – Parcela das necessidades de energia para AQS supridas pelo sistema a biomassa;

η_k – Eficiência do sistema a biomassa;

Q_a – Necessidades de energia útil para preparação de AQS [kWh/ano].

No caso de sistemas com dupla função (AQS e aquecimento ambiente), a contribuição de um sistema de queima de biomassa sólida, é função da localização da instalação do equipamento, conforme a seguinte expressão:

$$E_{ren} = \left(\frac{N_{ic} \cdot A_p}{\eta_k} \right) \cdot f_{i,k} + \frac{Q_a}{\eta_k} \cdot f_{a,k} \cdot f_{r,a}$$

Em que:

$f_{r,a}$ – Toma o valor 1, exceto quando o sistema for instalado num espaço interior útil do edifício ou fração e condiciona o ambiente do mesmo, tomando, nesses casos, o valor de $M/12$, em que M é a duração da estação de aquecimento em meses.

Exemplo: Considere um apartamento em projeto (licenciamento em 2018) de tipologia T2, com área útil de pavimento de 130 m², em que a produção de águas quentes sanitárias é assegurada por um recuperador de calor com uma eficiência de 77%, equipamento que também garante o aquecimento. A fração situa-se em Lisboa, a uma altitude de 82m e possui um $N_{ic}=34$ kWh/(m².ano). Determine a componente E_{ren} associada ao recuperador.

Resolução: Uma vez que o equipamento em causa só funciona na estação de aquecimento, a produção de AQS apenas será garantido pelo mesmo nesse período. Por esse motivo importa determinar a duração da estação.

De acordo com o Despacho n.º 15793-F/2013, Lisboa situação na NUTSIII Grande Lisboa, pelo que a determinação da duração da estação de aquecimento será obtida de acordo com a seguinte equação:

$$M = M_{REF} + a \times (z - z_{REF})$$

$$M = 5,3 + 3 \times (0,082 - 0,109) = 5,22 \text{ meses}$$

As necessidades de AQS são obtidas de acordo com a tipologia do imóvel.

$$Q_a = (M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_a) / 3600000 \text{ [kWh/ano]}$$

$$Q_a = (3 \times 40 \times 1 \times 4187 \times 35 \times 365) / 3600000 = 1782,96 \text{ kWh/ano}$$

O E_{ren} do recuperador de calor pode então ser determinado.

$$E_{ren} = \left(\frac{N_{ic} \cdot A_p}{\eta_k} \right) \cdot f_{i,k} + \frac{Q_a}{\eta_k} \cdot f_{a,k} \cdot f_{r,a}$$

$$E_{ren} = \left(\frac{34 \times 130}{0,77} \right) \cdot 1 + \frac{1782,96}{0,77} \cdot 1 \cdot \frac{5,24}{12} = 6751,38 \text{ kWh/ano}$$

6.5 GEOTERMIA

A contribuição de um sistema de aproveitamento de energia geotérmica para a preparação de AQS é determinada pela expressão:

$$E_{ren} = q_{geo} \cdot \Delta t \cdot N_{d,AQS} \cdot C_p \cdot \varepsilon \cdot (T_{geo} - T_{rede}) / 3600000 \text{ [kWh/ano]}$$

Em que:

q_{geo} – Caudal de água do circuito secundário do permutador de calor sendo que nas situações de inexistência de permutador, deverá ser considerado o caudal fornecido pelo aquífero termal [kg/h];

Δt – Período de tempo médio diário de consumo de fluido geotérmico [h], que não pode exceder o que seria necessário para assegurar plenamente as necessidades médias diárias de energia para AQS;

$N_{d,AQS}$ – Total anual de dias com necessidades de energia para AQS;

C_p – Calor específico do fluido geotérmico [J/(kg.K)], sendo que na ausência de medições para o fluido geotérmico particular utilizado, assume-se por defeito o valor constante de 4187 J/(kg.K);

ε – Rendimento nominal do permutador, que toma o valor de 1 nas situações em que não haja circuito secundário;

T_{geo} – Temperatura do fluido primário, procedente do aquífero termal, à entrada do permutador [°C];

T_{rede} – Temperatura do fluido secundário, procedente da rede de abastecimento, à entrada do permutador [°C], sendo igual a 15°C, excetuando casos justificados e aceites pelo SCE.

Já para os sistemas de aproveitamento de energia geotérmica para aquecimento ambiente, a respetiva contribuição será determinada pela seguinte expressão:

$$E_{ren} = q_{geo} \cdot \Delta t \cdot N_{d,AQ} \cdot C_p \cdot \varepsilon \cdot (T_{geo} - T_{retorno}) / 3600000 \text{ [kWh/ano]}$$

Em que:

Δt – Período de tempo médio diário de consumo de fluido geotérmico [h], sendo que não pode exceder o que seria necessário para assegurar plenamente as necessidades médias diárias de energia para aquecimento ambiente;

$N_{d,AQ}$ – Total anual de dias com necessidades de energia para aquecimento ambiente;

$T_{retorno}$ – Temperatura do fluido secundário, procedente do sistema de aquecimento ambiente, à entrada do permutador [°C].

6.6 MINI-HÍDRICA

A contribuição de um sistema de produção de energia elétrica com base em mini-hídricas de açude é determinada pela expressão:

$$E_{ren} = 9,81 \times \eta_T \times \eta_G \times Q \times (H - H_f - H_s) \times \rho \times \Delta_t \text{ [kWh/ano]}$$

Em que:

η_T – Rendimento da turbina;

η_G – Rendimento do gerador;

Q – Caudal médio em funcionamento [m³/s];

H – Altura média anual da queda de água [m];

H_f – Perdas hidráulicas médias friccionais [m];

H_s – Perdas hidráulicas médias de saída [m];

ρ – Massa volúmica da água [kg/m³];

Δ_t – Período total anual de funcionamento [horas].

6.7 AEROTÉRMICA E GEOTÉRMICA (BOMBAS DE CALOR)

A contribuição renovável de sistemas deste tipo deve ser calculada em conformidade com o definido no Anexo VII da Diretiva 2009/28/CE:

$$E_{ren} = Q_{usable} \times \left(\frac{1}{SFP} \right) [kWh/ano]$$

Em que:

Q_{usable} – Total de calor utilizável estimado produzido por bombas de calor conformes aos critérios referidos no número 4 do artigo 5º da Diretiva 2009/28/CE [kWh];

SFP – Fator médio de desempenho sazonal estimado para as referidas bombas de calor, conforme Diretiva 2009/28/CE.

Apenas poderá ser considerado o contributo de energia renovável de bombas de calor para as quais $SPF > 1,15 \times (1/\eta)$, em que η é o rácio entre a produção total bruta de eletricidade e o consumo de energia primária para a produção de eletricidade, sendo calculado enquanto média da UE com base em dados do Eurostat.

A forma como devem ser estimados os valores de Q_{usable} e de SFP serão objeto de Despacho por parte do Diretor Geral de Energia e Geologia (Despacho n.º 14985/2015).

A energia renovável do sistema bomba de calor só pode ser considerada quando o seu SFP é superior a 2,5.

7. NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Após determinação das várias parcelas do balanço de energia torna-se possível determinar as necessidades nominais de energia primária (N_{tc}), sendo estas o somatório das necessidades de aquecimento, arrefecimento e AQS com o consumo dos ventiladores (caso aplicável), subtraindo-se a contribuição das fontes de energia renovável. O indicador N_{tc} dá-nos as necessidades de energia primária anuais por unidade de área, isto é, às necessidades que serão supridas por um determinado sistema afeta-se pela sua eficiência e posteriormente afeta-se do fator de conversão para energia primária, dependendo este da fonte de energia.

O Despacho n.º 15793-D/2013 define 2 fatores de conversão para energia primária:

$F_{pu} = 2,5 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$ para eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável);

$F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$ para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis e para energia térmica de origem renovável.

$$\text{Energia útil} \xrightarrow{\text{Eficiência}} \text{Energia final} \xrightarrow{\text{Fator de conversão}} \text{Energia primária}$$

Exemplo: Uma moradia que possui 5000 kWh de necessidades de aquecimento que serão supridas por uma caldeira a gás natural com uma eficiência de 91%. Quais as necessidades em energia primária?

Resolução: Uma vez que a caldeira perfaz a totalidade das necessidades, as necessidades de energia final para aquecimento são de:

$$\text{Necessidades de energia final} = 5000/0,91 = 5495 \text{ kWh}$$

Tratando-se de um combustível gasoso, $F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$, pelo que o edifício possui 5495 kWh_{EP} de necessidades de energia primária para aquecimento.

7.1 REAL (N_{TC})

As necessidades nominais de energia primária do edifício real (N_{tc}) são então obtidas pela equação seguinte. Tanto as necessidades de aquecimento, como arrefecimento ou AQS são afetadas pela eficiência do equipamento que as suprime, afetando-se posteriormente pelo fator de conversão para energia primária. Caso exista mais que um equipamento para o mesmo tipo de necessidades, deve ser quantificada a parcela (área a que se encontra afeto/ área total útil de pavimento), sendo o somatório das parcelas igual a 1.

$$N_{tc} = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} [kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)]$$

Onde:

N_{ic} – Necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k [kWh/(m².ano)];

$f_{i,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k ;

N_{vc} – Necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k [kWh/(m².ano)];

$f_{v,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k ;

Q_a – Necessidades de energia útil para preparação de AQS supridas pelo sistema k ;

$f_{a,k}$ – Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema k ;

η_k – Eficiência do sistema k , que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fonte de energia renovável, à exceção de sistemas de queima a biomassa sólida em que deve ser usada a eficiência do sistema de queima;

j – Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável;

p – Fontes de origem renovável;

$E_{ren,p}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável p [kWh/ano], incluindo apenas energia consumida;

W_{vm} – Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores [kWh/ano];

A_p – Área interior útil de pavimento [m²];

$F_{pu,j}$ e $F_{pu,p}$ – Fator de conversão de energia útil para energia primária [kWh_{EP}/kWh];

δ – Igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento (N_{vc}) em que pode tomar o valor 0 sempre que o fator de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respetivo fator de referência, o que representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado.

$$\text{Se } \eta_v > \eta_{v_{ref}} \rightarrow \delta = 0$$

Tal como anteriormente visto, as necessidades de arrefecimento (N_{vc}) são obtidas pela seguinte expressão:

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) \times Q_{g,v} / A_p \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{ano)]}$$

Pela equação anterior verifica-se que quanto maior η_v , menor as necessidades de arrefecimento. Este fator depende da inércia térmica do edifício e da relação (γ) entre os ganhos e a soma as transferências de calor pela envolvente e por ventilação, sendo tanto menor quanto maior for esta relação. Por este motivo, quando $\eta_v > \eta_{v_{ref}}$ anula-se no cálculo de N_{tc} a parcela relativa ao arrefecimento, isto é, existem necessidades de arrefecimento, mas para efeitos de determinação do desempenho energético não é contabilizada a energia primária para esse fim. Em suma, considera-se que não existe risco de sobreaquecimento da fração e que os ocupantes dificilmente sentem necessidade de recorrer aos equipamentos de climatização para arrefecer os espaços, mesmo que instalados.

Nota: Em edifícios existentes ou grandes intervenções em que a rede de distribuição de AQS não tenha sido intervencionada, na ausência de especificação ou de evidência de isolamento aplicado na tubagem de distribuição do sistema de AQS que assegure garantir uma resistência térmica de, pelo menos 0,25 (m².°C)/W, a eficiência de conversão em energia útil do equipamento de preparação de AQS deve ser multiplicada por 0,9.

Exemplo: Determinar a componente afeta às necessidades de aquecimento para determinação do N_{tc} de acordo com os seguintes dados:

- Área útil de pavimento de 120 m²;
- $N_{ic} = 55 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$;
- Caldeira a gás natural com eficiência de 91% que supre 60% das necessidades;
- Unidade multi-split com COP de 3,50 que supre 40% das necessidades.

Resolução: A parcela referente às necessidades de aquecimento para cálculo do N_{tc} é obtida pela seguinte expressão:

$$\sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j}$$

Neste caso, as necessidades de aquecimento são supridas por dois equipamentos distintos, um a gás natural (1 kWh_{EP}/kWh) e outro a eletricidade (2,5 kWh_{EP}/kWh) e renovável (1 kWh_{EP}/kWh). Assim da expressão acima resulta a seguinte:

$$\left(\frac{f_{caldeira} \cdot N_{ic}}{\eta_{caldeira}} \cdot F_{pu \text{ gás nat.}} \right) + \left(f_{multi-split} \cdot \left(\frac{f_{não renovável} \cdot N_{ic}}{\eta_{não renovável}} \cdot F_{pu \text{ eletric.}} + \frac{f_{renovável} \cdot N_{ic}}{\eta_{renovável}} \cdot F_{pu \text{ ren.}} \right) \right)$$

Onde $f_{caldeira}$ é a fração das necessidades de aquecimento supridas pela caldeira, $f_{multi-split}$ é a fração das necessidades supridas pelo multi-split e

$$f_{não renovável} = \frac{1}{COP_{multi-split}}$$

$$f_{renovável} = 1 - \frac{1}{COP_{multi-split}}$$

$$\begin{aligned} & \left(\frac{0,60 \times 55}{0,91} \times 1 \right) + \left(0,40 \times \left(\frac{\left(\frac{1}{3,50} \right) \times 55}{1} \times 2,5 + \frac{\left(1 - \frac{1}{3,50} \right) \times 55}{1} \times 1 \right) \right) = 36,26 + 0,40 \times (39,29 + 39,29) \\ & = 36,26 + 31,43 = 67,69 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \end{aligned}$$

7.2 REFERÊNCIA (N_t)

As necessidades nominais de energia primária do edifício de referência (N_t) são determinadas pela equação seguinte:

$$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \text{ [kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})]$$

Onde:

N_i – Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k [kWh/(m².ano);

N_v – Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k [kWh/(m².ano);

η_{ref} – Valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS, conforme indicados na Tabela I.03 da Portaria n.º 349-B/2013.

A determinação do valor de N_t é idêntica à do N_{tc} , sendo que neste deverão ser utilizadas eficiência de referência, de acordo com o previsto na Tabela I.03 da Portaria n.º 349-B/2013, a saber:

7.2.1 SISTEMAS DE AQUECIMENTO AMBIENTE:

- Caso o edifício preveja ou disponha de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível, considerar uma eficiência de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 4 – Requisitos mínimos de eficiência de sistemas queima de combustível.

Data do licenciamento	Classe de eficiência	Rendimento nominal
Após 01/01/2016	A	89,1%
Após 01/12/2013	B	86,1%

Caso o edifício preveja ou disponha de sistema(s) de ar condicionado, considerar uma eficiência de acordo com o limite inferior da unidade de produção correspondente, da classe

aplicável indicada na Tabela I.10 da Portaria n.º 349-B/2013. Exemplifica-se na tabela seguinte o caso de uma unidade split.

Tabela 5 – Requisitos mínimos de eficiência de sistemas de ar condicionado para aquecimento.

Data do licenciamento	Classe de eficiência	Aquecimento COP
Após 01/01/2016	B	3,41
Após 01/12/2013	C	3,21

Caso o edifício preveja ou disponha de “outros sistemas” com recurso a eletricidade, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito), deverá ser considerada uma eficiência igual a 1.

7.2.2 SISTEMAS DE ARREFECIMENTO AMBIENTE:

Caso o edifício preveja ou disponha de sistema(s) de ar condicionado, considerar uma eficiência de acordo com o limite inferior da unidade de produção correspondente, da classe aplicável indicada na Tabela I.10 da Portaria n.º 349-B/2013. Exemplifica-se na tabela seguinte o caso de uma unidade split.

Tabela 6 – Requisitos mínimos de eficiência de sistemas de ar condicionado para arrefecimento.

Data do licenciamento	Classe de eficiência	Arrefecimento EER
Após 01/01/2016	B	3,01
Após 01/12/2013	C	2,81

Caso o edifício preveja ou disponha de “outros sistemas” não enquadrados no ponto anterior, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito), deverá ser considerado um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 7 – Requisitos mínimos de eficiência de “outros sistemas” de arrefecimento ambiente.

Data do licenciamento	Classe de eficiência	Arrefecimento EER
Após 01/01/2016	B	3,01
Após 01/12/2013	C	2,81

7.2.3 PREPARAÇÃO DE AQS:

Caso de o edifício preveja ou disponha de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso, considerar uma eficiência de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 8 – Requisitos mínimos de eficiência de sistemas de AQS a queima de combustível.

Data do licenciamento	Classe de eficiência	Rendimento nominal
Após 01/01/2016	A	89,1%
Após 01/12/2013	B	86,1%

Considerar um valor de coeficiente de desempenho (COP) igual a 2,8, no caso de o edifício prever ou dispor de sistemas com produção térmica por bomba(s) de calor.

Considerar um valor de eficiência igual a 0,95, no caso de o edifício prever ou dispor de outros sistemas com recurso a eletricidade, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício não disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso.

7.2.4 EXISTÊNCIA DE ISOLAMENTO APLICADO NA TUBAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DE AQS.

No caso da existência um sistema solar térmico, na referência, as necessidades supridas por este serão supridas pelo equipamento de apoio e respetiva eficiência e não a eficiência de referência do sistema de apoio.

Exemplo: Determinar N_t de acordo com os seguintes dados (licenciamento de 2017):

- $N_i = 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$;
- $N_v = 10 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$;
- $Q_a = 1782,96 \text{ kWh}/\text{ano}$;
- Área útil de pavimento = 120 m^2 ;
- Aquecimento garantido por uma caldeira a gás natural com eficiência de 91%;
- Sem sistemas para arrefecimento;
- Produção de AQS garantida por um termoacumulador elétrico com eficiência de 97%.

Resolução:

$$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \text{ [kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})]$$

$$N_t = \frac{70}{0,891} \times 1 + \frac{10}{3,01} \times 2,5 + \frac{1782,96/120}{0,95} \times 2,5 = 478,38 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

No aquecimento, como este é garantido por uma caldeira a gás natural, na referência a eficiência toma o valor de 89,1%. No que respeita ao arrefecimento, não existindo qualquer sistema, deve-se considerar um equipamento do tipo split com um EER de 3,01. Por fim, sendo as necessidades de AQS supridas por um termoacumulador elétrico, na referência deve ser utilizado uma eficiência de 0,95.

8. CLASSE ENERGÉTICA

Nos edifícios de habitação, a Classe Energética é obtida através do rácio R_{Nt} entre as necessidades de nominais de energia primária real e referência.

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t}$$

A Classe energética é então obtida de acordo com os intervalos constantes na Tabela 01 do Despacho n.º 15793-J/2013.

Tabela 9 – Classe Energética.

Classe Energética	Valor de R_{Nt}
A +	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B -	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$

Exemplo: Considere um apartamento em projeto (licenciamento em 2018) de tipologia T2, com 100 m², em que a produção de águas quentes sanitárias é assegurada por um sistema solar térmico que cumpre o ponto 5.2 da Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro (alterada pela Portaria n.º 379-A/2015 de 22 de outubro), assegurando um valor de $E_{ren,p}$ de natureza solar de 1200 kWh/ano, sendo o apoio à produção de AQS assegurado por um esquentador a gás natural com uma eficiência de 91%. Na sala existirá uma lareira com recuperador de calor a biomassa sólida com uma eficiência de 77%, assegurando 55% das necessidades de aquecimento da fração. Não existirão quaisquer outros sistemas de climatização. O fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento não é superior ao respetivo fator de referência. Considere que $N_{ic} = 18,30$ kWh/(m².ano), $N_{vc} = 9,40$ kWh/(m².ano), $N_i = 20,60$ kWh/(m².ano) e $N_v = 13,20$ kWh/(m².ano). Determine a Classe Energética do imóvel.

Resolução: Para determinação da Classe Energética é necessário determinar N_{tc} e N_t .

Cálculo do N_{tc}

O enunciado refere que se trata de um apartamento T2 pelo que, para efeitos do SCE, será contabilizado um total de 3 ocupantes. Assim, as necessidades de AQS podem ser determinadas pela seguinte equação:

$$Q_a = (M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_a) / 3600000 \text{ [kWh/ano]}$$

$$Q_a = (3 \times 40 \times 4187 \times 35 \times 365) / 3600000 = 1782,96 \text{ kWh/ano}$$

Uma vez que 45% das necessidades de aquecimento não possuem sistema de climatização para as suprir, para efeitos de cálculo será considerado um sistema de resistência elétrica com uma eficiência 1. Já no arrefecimento, não existindo qualquer sistema, será considerado um equipamento do tipo split com um EER de 3,01.

Verifica-se a existência de dois sistemas renováveis, recuperador de calor e solar térmico, pelo que a parcela referente a estes será anulada na determinação do N_{tc} .

$$N_{tc} = \frac{0,55 \times 18,30}{0,77} \times 1 + \frac{0,45 \times 18,30}{1} \times 2,5 + \frac{1 \times 9,40}{3,01} \times 2,5 + \frac{(1 - 1200/1782,96) \times 1782,96/100}{0,91} \times 1$$

$$+ \frac{1200}{100} \times 1 - \frac{0,55 \times 18,30}{0,77} \times 1 - \frac{1200}{100} \times 1$$

$$N_{tc} = 13,07 + 20,59 + 7,81 + 6,41 + 12,00 - 13,07 - 12,00 = 34,80 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot \text{ano})$$

Cálculo do N_t

Para determinação do N_t não serão contabilizados os sistemas renováveis e serão utilizadas as eficiências de referência. Nota para que as necessidades supridas pelo sistema solar serão na referência supridas pelo sistema de apoio e respetiva eficiência.

$$N_t = \frac{0,55 \times 20,60}{0,891} \times 1 + \frac{0,45 \times 20,60}{1} \times 2,5 + \frac{1 \times 13,20}{3,01} \times 2,5 + \frac{(1 - 1200/1782,96) \times 1782,96/100}{0,891} \times 1$$

$$+ \frac{1200/100}{0,91}$$

$$N_t = 12,72 + 23,18 + 10,96 + 6,54 + 13,19 = 66,58 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

A Classe Energética é então obtida pelo rácio R_{Nt}

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{34,80}{66,58} = 0,52$$

Classe Energética	Valor de R_{Nt}
A +	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B -	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$

Figura 5 – Exemplo: determinação da Classe Energética.

O imóvel em estudo possui um Classe Energética B.

Exemplo: Considere um apartamento em projeto (licenciamento em 2018) de tipologia T5, com 180 m², em que a produção de águas quentes sanitárias é assegurada por um sistema solar térmico que cumpre o ponto 5.2 da Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro (alterada pela Portaria n.º 379-A/2015 de 22 de outubro), assegurando um valor de $E_{ren,p}$ de natureza solar de 1800 kWh/ano, sendo o apoio à produção de AQS assegurado por um esquentador a gás natural com uma eficiência de 91%. A climatização do apartamento será garantida por uma unidade multisplit com SEER de 4,20 e SCOP de 4,50. O fator de utilização de ganhos térmicos na estação de arrefecimento é superior ao respetivo fator de referência. Considere que $N_{ic} = 18,30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$, $N_{vc} = 9,40 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$, $N_i = 20,60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ e $N_v = 13,20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$. Determine a Classe Energética do imóvel.

Resolução: Para determinação da Classe Energética é necessário determinar N_{tc} e N_t .

Cálculo do N_{tc}

O enunciado refere que se trata de um apartamento T5 pelo que, para efeitos do SCE, será contabilizado um total de 6 ocupantes. Assim, as necessidades de AQS podem ser determinadas pela seguinte equação:

$$Q_a = (M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d) / 3600000 \text{ kWh/ano}$$

$$Q_a = (6 \times 40 \times 4187 \times 35 \times 365) / 3600000 = 3565,93 \text{ kWh/ano}$$

Sendo a climatização garantida por um multisplit é necessário determinar a componente renovável associada à mesma, tanto no aquecimento como no arrefecimento.

$$E_{ren} = Q_{usable} \times \left(1 - \frac{1}{SPF}\right) \text{ kWh/ano}$$

$$E_{ren,i} = 18,30 \times 180 \times \left(1 - \frac{1}{4,50}\right) = 2562 \text{ kWh/ano}$$

$$E_{ren,v} = 9,40 \times 180 \times \left(1 - \frac{1}{4,20}\right) = 1289,14 \text{ kWh/ano}$$

Uma vez que $\eta_v > \eta_{v_{ref}} \rightarrow \delta = 0$ pelo que a parcela do arrefecimento será nula, não se considerando por esse motivo a sua componente renovável. Assim, a determinação de N_{tc} é efetuada da seguinte forma:

$$N_{tc} = \frac{18,30}{4,50} \times 2,5 + \frac{2562}{180} \times 1 + \frac{0 \times 9,40}{4,20} \times 2,5 + \frac{(1 - 1800/3565,93) \times 3565,93/180}{0,91} \times 1 + \frac{1800}{180} \times 1 - \frac{2562}{180} \times 1 - \frac{1800}{180} \times 1$$

$$N_{tc} = 10,17 + 14,23 + 0,00 + 10,78 + 10,00 - 14,23 - 10,00 = 20,95 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot \text{ano})$$

Cálculo do N_t

Para determinação do N_t , as eficiências do sistema de climatização tomam os valores de referência, EER de 3,01 e COP de 3,41. Sendo a produção de AQS garantida por um sistema solar térmico e por um esquentador com rendimento de 91%, as necessidades supridas pelo primeiro serão afetadas pela eficiência do sistema de apoio enquanto as restantes pelo valor de referência (89,1%).

$$N_t = \frac{20,60}{3,41} \times 2,5 + \frac{13,20}{3,01} \times 2,5 + \frac{(1 - 1800/3565,93) \times 3565,93/180}{0,891} \times 1 + \frac{1800/180}{0,91} \times 1$$

$$N_t = 15,10 + 10,96 + 11,01 + 10,99 = 48,07 \text{ kWh}_{EP}/(m^2 \cdot \text{ano})$$

A Classe Energética é então obtida pelo rácio R_{Nt}

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} = \frac{20,95}{48,07} = 0,44$$

Classe Energética	Valor de R_{Nt}
A +	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B -	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$

Figura 6 – Exemplo: determinação da Classe Energética.

O imóvel em estudo possui uma Classe Energética A.

Ciclo de validação do documento**Histórico de Alterações**

Versão	Data de aprovação	Descrição
V1	13-03-2020	Primeira versão pública

Lista de Distribuição

Público