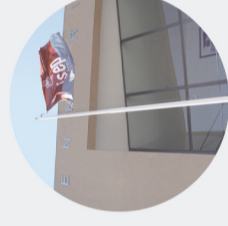




Aplicação do REH e do RECS a Casos Integrados em Edifícios Históricos Reabilitados no Centro do Porto

RICARDO ALBERTO FIGUEIREDO LEAL

novembro de 2017



Aplicação do REH e do RECS a Casos Integrados em Edifícios Históricos Reabilitados no Centro do Porto

Aplicação do REH e do RECS a Casos Integrados em Edifícios Históricos Reabilitados no Centro do Porto

RICARDO ALBERTO FIGUEIREDO LEAL
Outubro de 2017



APLICAÇÃO DO REH E DO RECS A CASOS INTEGRADOS EM EDIFÍCIOS HISTÓRICOS REABILITADOS NO CENTRO DO PORTO

RICARDO ALBERTO FIGUEIREDO LEAL

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: Eng.º José Manuel Martins Soares de Sousa

Supervisor: Eng.ª Sónia Andreia Laranjeira Gomes (ASL&Associados)

OUTUBRO DE 2017

ÍNDICE GERAL

Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xix
Glossário.....	xxiii
Abreviaturas	xxvii
Capítulo 1 Introdução	1
Capítulo 2 Enquadramento Legislativo	9
Capítulo 3 Caso de Estudo - Edifício de Habitação Multifamiliar e de Serviços	31
Capítulo 4 Considerações finais	93
Referências Bibliográficas	95
Anexo I – Cálculo da Ventilação	99
Anexo II – Relatório Energético da Fração A	103
Anexo III - Relatório Energético da Fração A após Medida de Melhoria	119
Anexo IV - Dados Climáticos	135
Anexo V - Consumo Energético da Fração H	139
Anexo VI – Consumo Energético da Fração H após Medida de Melhoria.....	143

RESUMO

O presente relatório foi realizado no âmbito do estágio curricular realizado na empresa ASL&Associados com o intuito de concluir os estudos para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

O trabalho desenvolvido tem como objetivo uma análise ao desempenho energético de uma fração de habitação e de uma fração de serviços com uma potência de climatização superior a 25kW, situadas na zona histórica da cidade do Porto.

Após uma breve descrição dos objetivos deste relatório e da estrutura do mesmo, das atividades desenvolvidas e das diversas folhas de cálculo utilizadas ao longo do estágio, foi necessário elaborar um pequeno capítulo onde se encontra descrita toda a legislação utilizada para a resolução de um caso de estudo em que o principal objetivo é a avaliação do desempenho energético de duas frações inseridas num edifício de habitação e de serviços, a reabilitar na Rua de José Falcão. Enquanto que o estudo de uma fração de habitação com 42,29m² foi feito com recurso ao Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e com ajuda das folhas de cálculo disponibilizadas, a avaliação energética da fração de serviços com 469,52m² foi avaliado com base no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços e com recurso a um software de simulação dinâmica (TRACE700).

Concluída a obtenção da classificação energética de ambas as frações, foram propostas medidas de melhoria com o objetivo de reduzir as necessidades energéticas das mesmas, permitindo uma redução anual da fatura energética em cerca de 685€ no caso da fração de habitação e de 2795€ na fração de serviços.

Devido à localização e a questões de índole arquitetónica não foi viável implementar soluções com recurso a energia renovável.

Palavras-chave: Energia, REH, RECS, Reabilitação, ASL&Associados

ABSTRACT

The present report was carried out as part of an internship held at ASL&Associados with the aim of completing the studies to obtain a master's degree in Civil Engineering.

The work developed was meant to analyse the energy performance of a housing unit and a service unit with an air conditioning power of more than 25kW, both located in the historical zone of the city of Porto.

After a brief description of the objectives and structure of this report, the activities developed and the several worksheets and software used throughout the internship, it was necessary to prepare a short chapter describing all the legislation used to solve a case study in which the main objective was the evaluation of the energy performance of two properties inserted in a housing and services building to be rehabilitated in Rua de José Falcão. While the study of the 42,29m² housing unit of was done using the Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação and with the help of several spreadsheets, the energy performance of the 469,52m² service unit was evaluated based on the Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços and using dynamic simulation software (TRACE700).

After obtaining the energy class of both properties, improvement measures were proposed with the aim of reducing their energy needs, allowing an annual reduction of the energy bill by around 685€ in the case of the housing unit and 2795€ in the service unit.

Due to the building location and issues of architectural nature it was not feasible to implement solutions using renewable energy.

Keywords: Energy, REH, RECS, Rehabilitation, ASL&Associados

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a todos os meus amigos que me acompanharam no percurso académico e que contribuíram de alguma forma para o meu sucesso académico.

Agradeço também, ao Eng^o José Sousa pelo acompanhamento e orientação ao longo deste estágio curricular.

Quero também agradecer a toda a equipa da empresa ASL&Associados, nomeadamente ao Eng^o António Lessa e à Eng^a Sónia Gomes, pela oportunidade de ter a primeira experiência no mercado de trabalho. À Eng^a Andreia Costa, agradeço toda a sua disponibilidade e ensinamentos transmitidos no âmbito do desempenho energético de edifícios de habitação. Ao Eng^o Jorge Nunes, o meu muito obrigado por todos os ensinamentos relativos ao desempenho energético de edifícios de serviços e por todas as horas despendidas que me permitiram ganhar conhecimento em diversas áreas desconhecidas para mim até então e pelo auxílio prestado em várias situações. Obrigado também a todos os colegas que tão bem me receberam e ajudaram durante o estágio curricular.

Muito obrigado à pessoa que mais sofreu durante esta minha etapa, a minha namorada, que sempre me apoiou nos momentos menos bons, abdicou de férias e momentos de descanso para de alguma forma me ajudar a concluir este relatório de estágio, tendo sido essencial no sucesso alcançado. Agradeço também a toda a sua família que me acompanhou durante este percurso.

Por último, quero agradecer aos meus pais que sempre me apoiaram, não só durante esta etapa como também ao longo de toda a minha vida, tendo me proporcionado a possibilidade de me dedicar totalmente aos estudos sem qualquer tipo de pressão e providenciando tudo de modo a que nunca me faltasse nada.

A todos, o meu sincero obrigado.

ÍNDICE DE TEXTO

Capítulo 1	Introdução	1
1.1	Enquadramento e Objetivos	1
1.2	Estrutura do Relatório de Estágio	1
1.3	Apresentação da Empresa	2
1.4	Atividades Desenvolvidas Durante o Estágio.....	3
1.5	Breve Apresentação do Software Utilizado	4
1.5.1	Folhas de cálculo ITeCons.....	4
1.5.2	Folha de Cálculo da Ventilação LNEC	5
1.5.3	Folha de Cálculo de Dados Climáticos LNEG	6
1.5.4	Folha de Cálculo SCE.ER.....	7
1.5.5	TRACE 700.....	8
Capítulo 2	Enquadramento Legislativo	9
2.1	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)	14
2.1.1	Levantamento dimensional	15
2.1.2	Coeficiente de redução de perdas.....	16
2.1.3	Elementos opacos da envolvente.....	16
2.1.4	Elementos da envolvente em contacto com o solo	17
2.1.5	Pontes térmicas planas.....	18
2.1.6	Pontes térmicas lineares	18
2.1.7	Classe de inércia térmica	18
2.1.8	Ganhos solares brutos	19
2.1.9	Eficiência dos sistemas técnicos	21

2.1.10	Valores de referência.....	21
2.1.11	Classe energética	24
2.2	Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)	25
2.2.1	Simulação horária monozona	25
2.2.1.1	Envolvente e pontes térmicas	26
2.2.1.2	Ocupação.....	26
2.2.1.3	Iluminação	26
2.2.1.4	Sistemas técnicos	27
2.2.1.5	Qualidade do ar interior	27
2.2.2	Simulação dinâmica multizona	27
2.2.3	Classe energética	28
Capítulo 3	Caso de Estudo - Edifício de Habitação Multifamiliar e de Serviços.....	31
3.1	Fração A – Habitação	33
3.1.1	Dados climáticos	34
3.1.2	Caracterização das envolventes	36
3.1.3	Verificação de requisitos mínimos de qualidade das envolventes.....	38
3.1.3.1	Envolvente opaca exterior.....	38
3.1.3.2	Envolvente opaca interior	41
3.1.3.3	Envolvente envidraçada	44
3.1.4	Inércia Térmica	47
3.1.5	Pontes térmicas lineares.....	48
3.1.6	Renovação de ar	50
3.1.7	Preparação de águas quentes sanitárias	51
3.1.8	Determinação da classe energética.....	51
3.1.9	Medidas de melhoria	53
3.2	Fração H - Serviços	55
3.2.1	Dados climáticos	57

3.2.2	Zonas térmicas e tipologias definidas	58
3.2.3	Caracterização das envolventes	60
3.2.4	Verificação de requisitos mínimos de qualidade das envolventes.....	63
3.2.4.1	Envolvente opaca exterior	63
3.2.4.2	Envolvente opaca interior	66
3.2.4.3	Envolvente envidraçada	69
3.2.5	Inércia térmica.....	71
3.2.6	Pontes térmicas lineares	71
3.2.7	Climatização.....	71
3.2.8	Ventilação.....	72
3.2.8.1	Ventiladores de ar novo	72
3.2.8.2	Ventiladores de extração de ar	73
3.2.9	Iluminação interior	73
3.2.10	Preparação de AQS.....	75
3.2.11	Realização da simulação	75
3.2.12	Consumo anual de energia do tipo S.....	86
3.2.13	Consumo anual de energia do tipo T.....	87
3.2.14	Determinação da classe energética.....	89
3.2.15	Medidas de melhoria.....	89
Capítulo 4	Considerações finais	93
4.1	Conclusões	93
4.2	Desenvolvimentos futuros.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Logótipo da empresa onde decorreu o estágio curricular. Fonte: ASL&Associados.....	2
Figura 1.2 - Localização da empresa ASL & Associados. Fonte: Google Earth	3
Figura 3.1 - Fachada principal do edifício (projeto de arquitetura)	31
Figura 3.2 - Traseiras do edifício (projeto de arquitetura).....	32
Figura 3.3 - Fração de habitação antes de ser alvo de reabilitação	32
Figura 3.4 - Marcação da fachada da Fração A	33
Figura 3.5 - Identificação da Fração A	34
Figura 3.6 - Legenda representativa da marcação de envolventes.....	36
Figura 3.7 - Planta com a marcação das envolventes e requisitos dos pavimentos	37
Figura 3.8 - Planta com a marcação de envolventes e requisitos dos tetos	38
Figura 3.9 - Representação da solução construtiva da parede exterior PE1	39
Figura 3.10 - Representação da solução construtiva da parede exterior PE2	40
Figura 3.11 - Representação da solução construtiva da cobertura exterior COBE1	41
Figura 3.12 - Representação da solução construtiva da parede interior PI1	42
Figura 3.13 - Representação da solução construtiva da parede interior PI2	43
Figura 3.14 - Representação da solução construtiva do pavimento interior PVI1.....	44
Figura 3.15 - Grelhas auto-reguláveis. Fonte: Soler&Palau	50
Figura 3.16 - Termoacumulador elétrico. Fonte: Vulcano	51
Figura 3.17 - Classificação energética. Fonte: ADENE.....	52
Figura 3.18 - Marcação da fachada da fração H.....	55
Figura 3.19 - Planta arquitetónica do piso 0 da fração H.....	56
Figura 3.20 - Planta arquitetónica do piso 1 da fração H.....	56

Figura 3.21 - Dados climáticos.....	57
Figura 3.22 - Dados meteorológicos diários para cada mês do ano.....	57
Figura 3.23 - Identificação dos espaços do piso 0	59
Figura 3.24 - Identificação dos espaços do piso 1	59
Figura 3.25 - Legenda representativa da marcação de envolventes.....	60
Figura 3.26 - Planta do piso 0 com a marcação das envolventes e requisitos dos pavimentos.....	61
Figura 3.27 - Planta do piso 1 com a marcação das envolventes e requisitos dos pavimentos.....	61
Figura 3.28 - Planta do piso 0 com a marcação das envolventes e requisitos dos tetos	62
Figura 3.29 - Planta do piso 1 com a marcação das envolventes e requisitos dos tetos	62
Figura 3.30 - Representação da solução construtiva da parede exterior PE2.....	64
Figura 3.31 - Representação da solução construtiva da parede interior PI3	68
Figura 3.32 - Representação da solução construtiva do pavimento térreo PVT1.....	69
Figura 3.33 - Exemplo de criação de um material	75
Figura 3.34 - Exemplo de introdução de dados de um elemento da envolvente	76
Figura 3.35 - Introdução de dados relativos aos ganhos internos	76
Figura 3.36 - Exemplo da introdução dos caudais de ar novo.....	77
Figura 3.37 - Modelo de construção do piso 0	78
Figura 3.38 - Criação de um modelo de divisão	78
Figura 3.39 - Exemplo de criação de uma divisão	79
Figura 3.40 - Exemplo da introdução de uma cobertura exterior numa divisão	80
Figura 3.41 - Exemplo da introdução de paredes exteriores e respetivos vãos envidraçados	80
Figura 3.42 - Exemplo da introdução de paredes e pavimentos interiores	81
Figura 3.43 - Criação de uma unidade interior do tipo Split	82
Figura 3.44 - Alteração das características das bobinas.....	82
Figura 3.45 - Associação dos espaços aos sistemas de climatização criados	83
Figura 3.46 - Constituintes principais relativos ao arrefecimento/aquecimento do sistema	84
Figura 3.47 - Introdução das potências de cada equipamento e respetivos rendimentos.....	84

Figura 3.48 - Associação de cada sistema de aquecimento/arrefecimento aos sistemas de climatização criados	85
Figura 3.49 - Consumos anuais de energia final.....	88

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Regras de simplificação relativas ao levantamento dimensional.....	15
Tabela 2.2 - Coeficientes de transmissão térmica de paredes simples de cantaria	16
Tabela 2.3 - Coeficientes de transmissão térmica de paredes simples rebocadas (anteriores a 1960)	16
Tabela 2.4 - Coeficientes de transmissão térmica de parede simples ou dupla rebocada (posterior a 1960)	17
Tabela 2.5 - Coeficientes de transmissão térmica de pavimentos.....	17
Tabela 2.6 - Coeficientes de transmissão térmica de coberturas	17
Tabela 2.7 - Coeficientes de transmissão térmica para elementos em contacto com o solo.....	18
Tabela 2.8 - Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares.....	18
Tabela 2.9 - Regras de simplificação aplicáveis à quantificação da inércia térmica interior	19
Tabela 2.10 - Valores do produto $F_s * F_g$ para o cálculo das necessidades de aquecimento em edifícios existentes	20
Tabela 2.11 - Valores do produto $F_s * F_g$ para o cálculo das necessidades de arrefecimento em edifícios existentes	20
Tabela 2.12 - Valores base de eficiência para equipamentos de climatização e de produção de AQS em edifícios existentes.....	21
Tabela 2.13 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados.....	22
Tabela 2.14 - Coeficientes de transmissão lineares de acordo com o tipo de ligação entre os elementos opacos do edifício	23
Tabela 2.15 – Parâmetros de classificação da classe de inércia térmica	23
Tabela 2.16 - Determinação do fator solar global máximo.....	24
Tabela 2.17 - Classificação energética no âmbito do REH	24

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.18 - Consumos energéticos do tipo S e do tipo T	29
Tabela 2.19 - Classificação energética no âmbito do RECS	30
Tabela 3.1 - Valores de referência e declive para ajustes em altitude para a estação de aquecimento... 35	
Tabela 3.2 - Critérios de definição da zona climática de inverno.....	35
Tabela 3.3 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento 35	
Tabela 3.4 - Critérios de definição da zona climática de verão.....	36
Tabela 3.5 - Cálculo dos btr dos espaços não úteis.....	37
Tabela 3.6 - Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior PE1	39
Tabela 3.7 - Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior PE2	40
Tabela 3.8 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura exterior COBE1.....	41
Tabela 3.9 - Coeficiente de transmissão térmica da parede interior PI1.....	42
Tabela 3.10 - Coeficiente de transmissão térmica da parede interior PI2.....	43
Tabela 3.11 - Coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior PVI1.....	44
Tabela 3.12 – Relação entre as áreas de envidraçados e áreas de pavimento.....	45
Tabela 3.13 - Determinação dos ângulos formados por palas horizontais e verticais.....	46
Tabela 3.14 - Fatores de sombreamento de elementos horizontais e verticais nas estações de aquecimento e arrefecimento	46
Tabela 3.15 - Verificação do fator solar global dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção 100% ativos	47
Tabela 3.16 - Cálculo da inércia térmica	48
Tabela 3.17 - Pontes térmicas lineares exteriores e interiores. Fonte: ITeCons.....	49
Tabela 3.18 - Indicadores energéticos.....	52
Tabela 3.19 - Indicadores energéticos relativos à implementação de um sistema multi-split.....	53
Tabela 3.20 - Indicadores energéticos relativos à instalação de um sistema de chuveiro mais eficiente. 54	
Tabela 3.21 - Indicadores energéticos relativos à implementação de ambas as medidas de melhoria....	54
Tabela 3.22 - Zonas térmicas e tipologias definidas.....	58
Tabela 3.23 - Determinação das temperaturas exteriores de projeto.....	63
Tabela 3.24 - Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior PE1	64

Tabela 3.25 - Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior PE2.....	64
Tabela 3.26 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura exterior COBE1.....	65
Tabela 3.27 - Coeficiente de transmissão térmica da parede interior PI1.....	66
Tabela 3.28 - Coeficiente de transmissão térmica da parede interior PI2.....	67
Tabela 3.29 - Coeficiente de transmissão térmica da parede interior PI3.....	67
Tabela 3.30 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura interior COBI1	68
Tabela 3.31 - Coeficiente de transmissão térmica do pavimento térreo PVT1	69
Tabela 3.32 - Identificação dos vãos envidraçados.....	70
Tabela 3.33 - Fatores de sombreamento de elementos horizontais e verticais nas estações de aquecimento e arrefecimento	70
Tabela 3.34 - Verificação do fator solar global dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção 100% ativos	70
Tabela 3.35 - Características das unidades interiores.....	72
Tabela 3.36 - Características das unidades exteriores	72
Tabela 3.37 - Ventiladores de ar novo	73
Tabela 3.38 - Ventilador de extração de ar das instalações sanitárias	73
Tabela 3.39 - Ventilador de extração de ar da cozinha.....	73
Tabela 3.40 - Iluminação de projeto e de referência	74
Tabela 3.41 - Consumo anual de energia.....	86
Tabela 3.42 - Consumos anuais de energia do tipo S relativos a ventiladores	86
Tabela 3.43 - Consumos anuais de energia do tipo S relativos a AQS	87
Tabela 3.44 - Consumos anuais de energia do tipo S relativos à iluminação de espaços complementares	87
Tabela 3.45 - Consumos anuais de energia do tipo T relativos a ventilação não associada ao controlo de carga térmica	88
Tabela 3.46 - Consumos anuais de energia do tipo T relativos a outros consumos	88
Tabela 47 - Índices de eficiência energética.....	89
Tabela 48 - Iluminação associada à medida de melhoria.....	90

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 49 - Consumo anual de energia	91
Tabela 50 - Indicadores energéticos associados à medida de melhoria	91

GLOSSÁRIO

A_i – Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil [m²]

A_p – Área interior útil de pavimento [m²]

A_u – Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior [m²]

A_{env} – Área dos vãos envidraçados [m²]

A_{pav} – Área de pavimento [m²]

btr – Coeficiente de redução de perdas

$E_{S,i}$ – Consumo de energia por fonte do tipo i para os usos do tipo S [kWh/ano];

$E_{T,i}$ – Consumo de energia por fonte do tipo i para os usos do tipo T [kWh/ano];

$E_{ren,i}$ – Produção de energia por fonte do tipo i a partir de fontes de origem renovável para consumo [kWh/ano]

F_f – Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado

F_g – Fração envidraçada

F_o – Fator de sombreamento por elementos horizontais

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia útil para energia primária que traduz o rendimento global do sistema de conversão e transporte de energia de origem primária [kWh_{Ep}/kWh]

F_s – Fator de obstrução dos vãos envidraçados

G_{sul} – Valor médio mensal de energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a Sul, por unidade de superfície [kWh/m².mês]

g_T – Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados

g_{Tmax} – Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados

IEE – Índice de eficiência energética [kWh_{Ep}m².ano]

GLOSSÁRIO

$I_{sol,ref}$ – Radiação solar média de referência, correspondente à radiação incidente numa superfície orientada a Oeste [kWh/(m².ano)]

I_T – Inércia térmica [kg/m²]

lux – Iluminância

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

M_{si} – Massa superficial útil do elemento i [kg/m²]

N_{ic} – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento do edifício [kWh/m².ano]

N_t – Valor limite regulamentar para necessidades nominais globais de energia primária [kWh_{EP}/(m².ano)]

N_{tc} – Necessidades nominais globais de energia primária [kWh_{EP}/(m².ano)]

N_{vc} – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/m².ano]

P – Potência [kW]

P_{ref} – Potência de referência [kW]

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

r – Fator de redução da massa superficial útil

R_f – Resistência térmica de elementos em contacto com o solo [m².°C/W]

R_j – Resistência térmica da camada j [m².°C/W]

R_{ph} – Valor de renovações por hora do ar interior [h⁻¹]

R_{se} – Resistência térmica exterior [m².°C/W]

R_{si} – Resistência térmica interior [m².°C/W]

S_i – Área da superfície interior do elemento i [m²]

U – Coeficiente de transmissão térmica superficial [W/(m².°C)]

U_{bf} – Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o solo [W/(m².°C)]

U_{ref} – Coeficiente de transmissão térmica superficial de referência [W/(m².°C)]

U_{bw} – Coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o solo [W/(m².°C)]

U_{wdn} – Coeficiente de transmissão térmica de vãos envidraçados [W/(m².°C)]

V_{ENU} – Volume do espaço não útil [m³]

Z – Altura [m]

α – Ângulo formado entre o vão envidraçado e as palas horizontais [°]

α_h – Ângulo devido à obstrução do horizonte por parte de edifícios vizinhos [°]

β – Ângulo formado por palas verticais [°]

ψ – Coeficientes de transmissão térmica lineares [W/(m².°C)]

θ_{ext} – Temperatura ambiente exterior [°C]

ΔT – Aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS [°C]

ABREVIATURAS

ADENE – Agência para a energia

AQS – Águas quentes sanitárias

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado

COP – Coeficiente de desempenho, relacionado com o aquecimento das bombas de calor

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

DPI – Densidade de potência de iluminação

EER – Índice de eficiência de energia, relacionado com o arrefecimento das bombas de calor

ENU – Espaço não útil

GD – Número de graus-dia de aquecimento

GES – Grande edifício de serviços

ISO – International Organization for Standardization

ITeCons – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

PES – Pequeno edifício de serviços

PESsC – Pequeno edifício de serviços sem climatização

PEScC – Pequeno edifício de serviços com climatização

PM – Plano de manutenção

PQ-I – Perito qualificado de nível I

PQ-II – Perito qualificado de nível II

PTL – Ponte térmica linear

ABREVIATURAS

PTP – Ponte térmica plana

REH – Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação

RECS – Regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços

SCE – Sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar interior nos edifícios

SFP – Specific Fan Power

VAN – Ventilador de ar novo

VE – Ventilador de extração

VEIS – Ventilador de extração de instalações sanitárias

XPS – Poliestireno extrudido

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

Este relatório de estágio desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Dissertação / Projeto / Estágio (DIPRE), integrada no plano de estudos do 2º semestre do 2º ano do Mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, foi realizado ao longo de um semestre do ano de 2017 na empresa ASL&Associados.

“Aplicação do REH e do RECS a Casos Integrados em Edifícios Históricos Reabilitados no Centro do Porto” foi o tema proposto e desenvolvido com orientação do Eng.º José Sousa por parte do ISEP e com orientação por parte da empresa da Eng.ª Sónia Gomes em conjunto com a Eng.ª Andreia Costa e com o Eng.º Jorge Nunes.

O tema abordado tem por base demonstrar a importância da legislação regulamentar a aplicar em projetos de reabilitação na zona histórica da cidade de modo a cumprir com as exigências de clientes e/ou do mercado com vista a garantir um melhor nível de desempenho energético aliado a um elevado nível de conforto térmico.

1.2 ESTRUTURA DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO

O presente relatório de estágio está dividido em quatro capítulos, sendo eles a introdução, o enquadramento legislativo, a resolução do caso de estudo e as considerações finais.

O primeiro capítulo engloba o enquadramento e objetivos do relatório de estágio, uma breve apresentação da empresa, as várias atividades desenvolvidas no estágio curricular e uma enumeração dos vários tipos de software que foram utilizados ao longo do estágio.

No segundo capítulo encontra-se o enquadramento legislativo, onde está presente toda a documentação legal consultada durante o estágio e utilizada na resolução do presente caso de estudo.

CAPÍTULO 1

O terceiro capítulo diz respeito à aplicação do REH e do RECS a um caso de estudo de modo a determinar o desempenho energético das frações em análise tendo em conta os desafios da reabilitação em edifícios históricos no centro da cidade do Porto.

Por fim, no último capítulo estão presentes as considerações finais onde é realizada uma reflexão de todo o trabalho desenvolvido na empresa e possíveis desenvolvimentos futuros relativos à temática da reabilitação.

Em anexo seguem vários documentos essenciais à elaboração do presente relatório de estágio.

1.3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa ASL&Associados, cujo logótipo se pode encontrar na figura 1.1, que foi fundada em 2006 pelo Eng.º António Lessa, é uma empresa vocacionada para a área de projeto e consultoria em engenharia civil e tem como principal foco um serviço global de engenharia, desde a consultoria e assistência ao dono de obra, como a elaboração de estudos e projetos multidisciplinares passando também pela fiscalização e gestão de obra.

A ASL&Associados, situada em Leça da Palmeira, é uma sociedade por quotas e os seus principais quadros são compostos por técnicos superiores, médios e serviços de apoio. É de salientar que foi a primeira empresa em Portugal a certificar-se pela norma ISO 9001:2015.



Figura 1.1 - Logótipo da empresa onde decorreu o estágio curricular. Fonte: ASL&Associados

Apresentando uma equipa bastante experiente e responsável, a ASL&Associados torna-se uma empresa com uma metodologia de trabalho baseada na complementaridade, imparcialidade e interação dos técnicos. Com o objetivo principal sempre presente, a completa satisfação do cliente dentro dos prazos e a custos acordados, a ASL&Associados permite sempre assegurar a elevada qualidade técnica do trabalho não descuidando nem desvalorizando nenhum pormenor. Por um lado mais humanístico, é um grupo com visão futurista pois apresenta sempre um respeito primordial pelas questões ambientais e pelos impactos urbanísticos projetando sempre de forma sustentável.

A premiar o excelente desempenho, a empresa, cuja localização se encontra presente na Figura 1.2, foi galardoada com o prémio de melhor gabinete de engenharia a nível nacional tanto no ano de 2015 como em 2016, inseridos na gala anual dos prémios “Reabilitação na Construção”.



Figura 1.2 - Localização da empresa ASL & Associados. Fonte: Google Earth

1.4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO

O objetivo principal neste estágio passou por aplicar os conhecimentos e competências adquiridos durante o percurso académico. Para além de ser dada a oportunidade de poder evoluir profissionalmente, houve por parte da empresa uma preocupação constante em dar formação mesmo em matérias que não pertencem concretamente ao ramo da Engenharia Civil mas que se tornaram indispensáveis para ajudar na realização de diversos projetos.

Ao longo deste estágio foram desenvolvidas várias tarefas, entre as quais:

- Estudo da legislação associada ao REH e consequente introdução às metodologias utilizadas na empresa;
- Familiarização com as ferramentas de cálculo associadas ao cálculo da classificação energética de edifícios de habitação e consequente aplicação em casos de estudo;
- Auxílio na elaboração de certificados energéticos de habitações, desde o cálculo da classificação energética até à elaboração de relatório;
- Estudo da legislação associada ao RECS, acompanhado de uma breve introdução às ferramentas de cálculo da classificação energética e respetiva aplicação num caso de estudo;
- Apoio no desenvolvimento de certificados energéticos de PESsC;
- Formação em ferramenta de cálculo de simulação dinâmica multizona – TRACE 700;
- Ajuda na elaboração de certificados energéticos de PESsC;
- Apoio na elaboração de certificados energéticos de GES;

- Auxílio da realização de projetos de térmica de PESc e de GES.

1.5 BREVE APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE UTILIZADO

1.5.1 Folhas de cálculo ITeCons

Para auxiliar os peritos qualificados, o ITeCons disponibilizou folhas de cálculo, não só para edifícios de habitação (Figura 1.3) como também para edifícios de serviços (Figura 1.4), o que veio permitir um cálculo da classificação energética de uma forma mais rápida.



Figura 1.3 - Folha de cálculo REH. Fonte: ITeCons



Figura 1.4 - Folha de cálculo RECS. Fonte: ITeCons

1.5.2 Folha de Cálculo da Ventilação LNEC

De forma a avaliar se os sistemas de ventilação dos casos em estudo cumpriam os requisitos mínimos de ventilação, o LNEC disponibilizou uma folha de cálculo, cuja apresentação pode ser vista na Figura 1.5, e que demonstrou ser uma ferramenta indispensável ao longo do estágio.


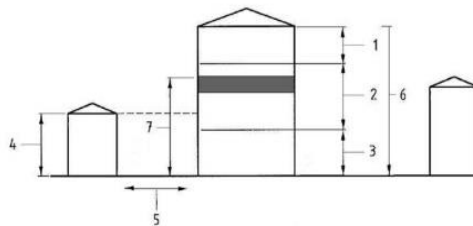


 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL		Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto, apinto@lnec.pt Ferramenta de cálculo citada no n.º 3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-N/2013. Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014, v2.0a, 2014-02-12		Auxiliar	
1. Enquadramento do edifício							
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação	Área útil (m ²):	100,0				
Local (município)	ABRANTES	Pd (m):	2,70				
Região	A	N.º de pisos da fração	1				
Rugosidade	1	Velocidade vento Defeito REH					
Altitude do local (m)	168	Vento (u10REH; 3,6) (m/s)					
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais	Vol (m ³):	270				
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não	T exterior (°C)	9,5				
Altura do edifício (H _{edif}) em m	21	Zref (m)	168				
Altura da fração (H _{fraç}) em m	21	Aerw/Au:	15%				
		Proteção do edifício:	Desprotegido				
		Zona da fachada:	Média				
2. Permeabilidade ao ar da envolvente							
Foi medido valor n50	Não						
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:							
Área dos vãos (m ²)	15	0	0	0	0		
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	4	4	4	4	4		
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem		
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente							
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Sim						
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa			
Área livre das aberturas fixas (cm ²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m ³ /h)	0	0	0	0			
4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta							
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções							

Figura 1.5 - Folha de cálculo da ventilação. Fonte: LNEC

1.5.3 Folha de Cálculo de Dados Climáticos LNEG

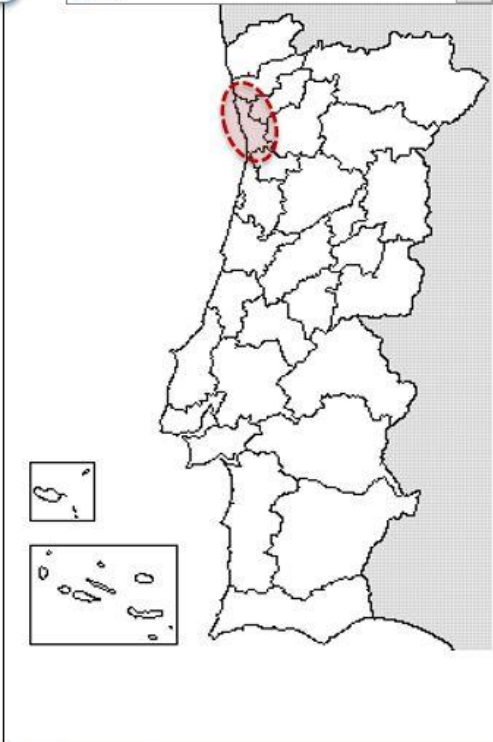
Por forma a simplificar a obtenção dos dados climáticos da zona onde o edifício estudado se encontra inserido, procedeu-se ao cálculo através de uma ferramenta providenciada pelo LNEG, a qual pode ser vista na Figura 1.6 abaixo ilustrada.

Anos Meteorológicos de Referência para simulação dinâmica  

versão 1.05 (13 fevereiro 2014)

Seleção por município

Porto



preparar ficheiro

EPW (formato EnergyPlus Weather)

Zona climática

NUTS 3: Grande Porto

Latitude: 41,3 °N (nominal)

Longitude: 8,6 °W (nominal)

Altitude: 94 m (referência)

Local específico

Município: Porto


Altitude: 94 m

Dados climáticos

	Referência	Neste local
Estação de aquecimento		
Período:	6,2	6,2 meses
T média:	9,9	9,9 °C
Graus-dia:	1250	1250 °C
Estação de arrefecimento		
T média:	20,9	20,9 °C

Zonas de verão e inverno

V 2 I 1



LNEG | Software para Políticas Públicas

Sistema Nacional de Certificação de Edifícios
Decreto-Lei 118/2013 de 20 agosto

Figura 1.6 - Folha de cálculo dos dados climáticos. Fonte: LNEG

1.5.4 Folha de Cálculo SCE.ER

Sempre que necessário no dimensionamento de painéis solares térmicos ou fotovoltaicos, no âmbito do REH ou do RECS, utilizou-se esta ferramenta de cálculo presente na Figura 1.7, que demonstrou ser bastante útil no cálculo da contribuição de energia solar para preparação de águas quentes sanitárias e/ou climatização.



Figura 1.7 - Folha de cálculo SCE.ER. Fonte: DGEG

1.5.5 TRACE 700

O TRACE 700 é um programa que permite efetuar uma simulação térmica dinâmica multizona, aliado a um cálculo de carga térmica e respetiva análise energética, sendo da autoria da empresa TRANE. É possível colocar detalhes da construção do edifício e mudá-los ao longo do projeto através da criação de bibliotecas de materiais de construção ou utilização das existentes, o que facilita a interação com o programa. Esta ferramenta permite fazer a modelação com várias opções de equipamentos, permitindo assim escolher a opção mais viável. O software tem também a opção de criar até quatro modelos de simulação diferentes, permitindo deste modo comparar entre si os valores obtidos. O TRACE 700, cujo layout pode ser observado na Figura 1.8, tem ainda a opção de criar perfis de funcionamento de edifícios, criar equipamentos de climatização, assim como inserir dados climáticos da localização onde o edifício em estudo está inserido. A sua biblioteca de dados climáticos é baseada nos dados da norma ASHRAE.

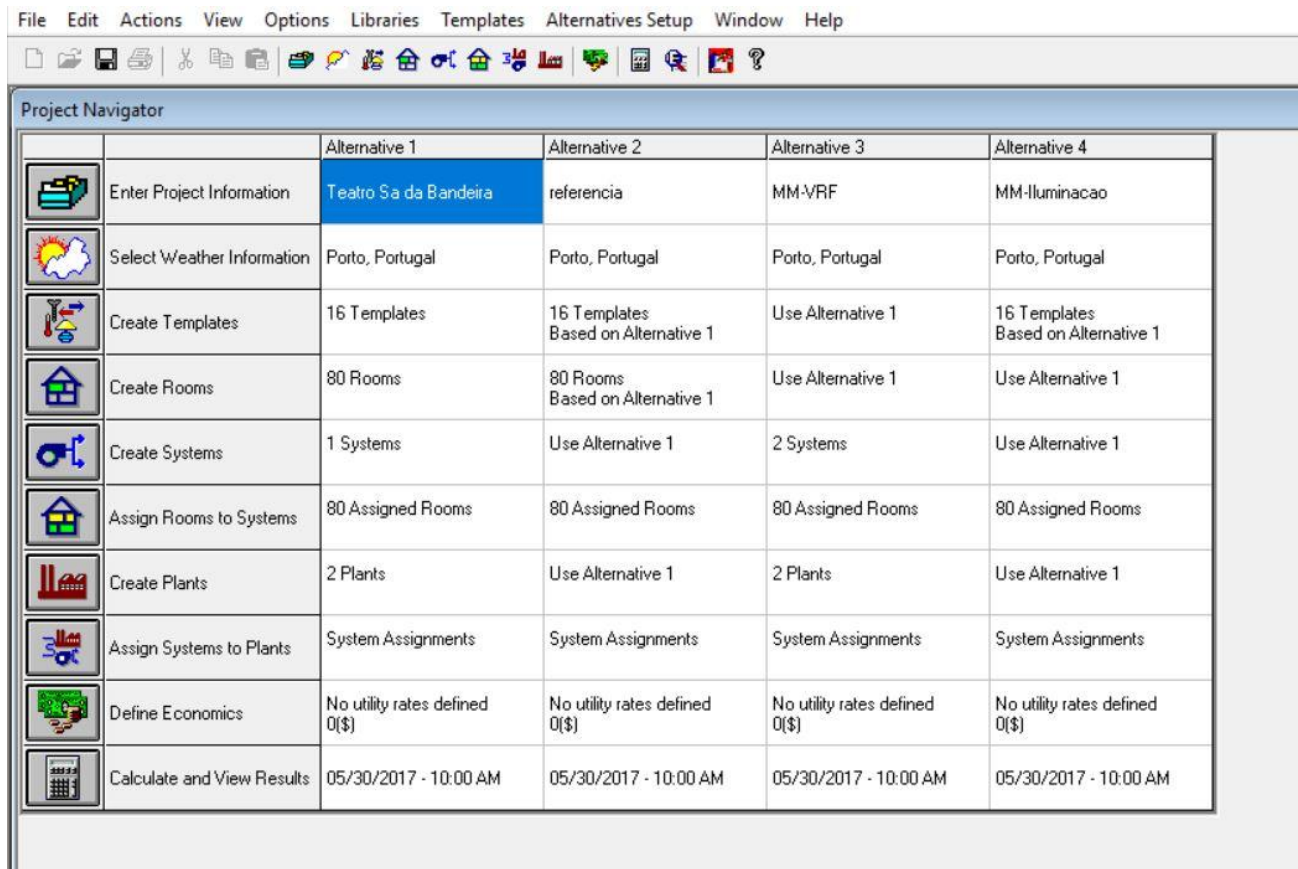


Figura 1.8 - Layout do software TRACE 700. Fonte: TRANE

CAPÍTULO 2

ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO

Ao longo do estágio curricular foi necessário efetuar um estudo de todos os decretos-lei, portarias e despachos presentes na legislação que se consideraram pertinentes ao estudo do tema em questão. De seguida segue uma lista com um resumo sucinto da legislação aplicada, de acordo com a ADENE:

– **Decreto-Lei n. 118_2013 de 20 de Agosto**

Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

– **Decreto-Lei n. 68-A_2015 de 30 de Abril**

Estabelece disposições em matéria de eficiência energética e cogeração, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva nº 2012/27/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, relativa à Eficiência Energética, procedendo igualmente à primeira alteração ao Decreto -Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

– **Decreto-Lei n. 194_2015 de 14 de Setembro**

Procede à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, relativo ao desempenho energético dos edifícios, e à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril, que estabelece um regime excecional e temporário aplicável à reabilitação de edifícios ou de frações, cuja construção tenha sido concluída há pelo menos 30 anos ou localizados em áreas de reabilitação urbana, sempre que se destinem a ser afetos total ou predominantemente ao uso habitacional.

– **Decreto-Lei n.251_2015 de 20 de agosto**

Procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que aprovou o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

– **Decreto-Lei n. 28_2016 de 23 de Junho**

Procede à quarta alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, relativo à melhoria do desempenho energético dos edifícios, e que transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010.

– **Despacho (extrato) n.º 15793-C/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03**

Procede à publicação dos modelos associados aos diferentes tipos de pré-certificado e certificado do sistema de certificação energética (SCE) a emitir para os edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes.

– **Despacho n. 15793-D_2013 de 3 de Dezembro**

Estabelece os fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária.

– **Despacho n. 15793-E_2013 de 3 de Dezembro**

Estabelece as regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes.

– **Despacho n. 15793-F_2013 de 3 de Dezembro**

Procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados.

– **Despacho n. 15793-G_2013 de 3 de Dezembro**

Procede à publicação dos elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção (PM) e respetiva terminologia.

– **Despacho n. 15793-H_2013 de 3 de Dezembro**

Estabelece as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema.

– **Despacho n. 15793-I_2013 de 3 de Dezembro**

Estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária.

– **Despacho n. 15793-J_2013 de 3 de Dezembro**

Procede à publicação das regras de determinação da classe energética.

– **Despacho n. 15793-K_2013 de 3 de Dezembro**

Publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho.

– **Despacho n. 15793-L_2013 de 3 de Dezembro**

Procede à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética.

– **Portaria n. 349-A_2013 de 29 de Novembro**

Determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamenta as atividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE e estabelece os critérios de verificação de qualidade.

– **Portaria n. 115_2015 de 24 de abril**

Primeira alteração à Portaria n.º 349-A/2013, de 29 de novembro que determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamenta as atividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE e estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE, bem como os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual do Perito Qualificado (PQ).

– **Portaria n. 39_2016 de 7 de Março**

Procede à segunda alteração do Anexo IV da Portaria nº 349-A/2013, de 29 de novembro, que determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamenta as atividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE e estabelece os critérios de verificação de qualidade dos

processos de certificação do SCE, bem como os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual do Perito Qualificado (PQ).

– **Portaria n. 349-B_2013 de 29 de Novembro**

Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.

– **Portaria n. 379-A_2015 de 22 de Outubro**

Procede à primeira alteração da Portaria n.º 349 -B/2013, de 29 de novembro, que define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré -certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência de sistemas térmicos dos edifícios novos e sujeitos a intervenção.

– **Portaria n. 349-C_2013 de 2 de Dezembro**

Estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização.

– **Declaração de Retificação n.º 4_2014 de 1 de Janeiro**

Retifica a Portaria n.º 349-C/2013, de 2 de dezembro, do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia que estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização, publicada no Diário da República n.º 233, 1.ª série, 2.º suplemento, em 2 de dezembro de 2013.

– **Portaria n. 405_2015 de 20 de Novembro**

Procede à primeira alteração da Portaria n.º 349-C/2013, de 2 de dezembro, que estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização.

– **Portaria n. 349-D_2013 de 2 de Dezembro**

Estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes.

– **Declaração Retificação n 3_2014 de 31 de Janeiro**

Retifica a Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro, dos Ministérios do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social que estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios

novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes, publicada no Diário da República n.º 233, 1.ª série, 2.º suplemento, em 2 de dezembro de 2013.

– **Portaria 17-A_2016 de 2 de Abril**

Primeira alteração à Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro, que estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a intervenção e dos edifícios existentes.

– **Portaria n. 353-A_2013 de 4 de Dezembro**

Estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação.

– **Declaração Retificação n 2_2014 de 31 de Janeiro**

Retifica a Portaria 353-A/2013 de 4 de dezembro, dos Ministérios do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social, que estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação, publicada no Diário da República n.º 235, 1.ª série, suplemento, de 4 de dezembro de 2013.

– **Despacho n. 7113_2015 de 29 de Junho**

Procede à publicação dos critérios de seleção da verificação da qualidade dos processos e metodologias de verificação da qualidade dos processos de certificação efetuados pelos técnicos do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), em particular os Peritos Qualificados.

– **Declaração de Retificação n.769_2015 de 9 de Julho**

Retificação do despacho n.º 7113/2015, publicado no Diário da República, 2.ª série, n.º 124, de 29 de junho de 2015, referente aos critérios de seleção da verificação da qualidade dos processos efetuados pelos técnicos do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios.

– **Despacho n. 8892_2015 de 11 de Agosto**

Define a metodologia de classificação a adotar para os ascensores, tapetes rolantes e escadas mecânicas a instalar em edifícios de comércio e serviços por forma a aferir o cumprimento dos requisitos mínimos de eficiência energética indicados na Tabela I.31 “Requisitos mínimos de eficiência dos ascensores, segundo a norma VDI 4707” desse anexo.

– **Portaria n. 66_2014 de 3 de Dezembro**

Define o sistema de avaliação dos técnicos do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e aprova as adaptações ao regime jurídico de certificação para acesso e exercício da atividade de formação profissional, aprovado pela Portaria n.º 851/2010, de 6 de setembro.

– **Lei n. 58_2013 de 20 de Agosto**

Aprova os requisitos de acesso e de exercício da atividade de perito qualificado para a certificação energética e de técnico de instalação e manutenção de edifícios e sistemas, conformando -o com a disciplina da Lei n.º 9/2009, de 4 de março, que transpõe a Diretiva n.º 2005/36/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 7 de setembro de 2005, relativa ao reconhecimento das qualificações profissionais.

– **EN 12464-1**

A EN 12464-1 é uma norma para aplicações de iluminação. A norma rege a iluminação em locais de trabalho interiores. Tal como acontece com a maioria das normas, são estabelecidos requisitos mínimos. Por outras palavras, definem-se as obrigações mínimas que a iluminação de um local de trabalho e do ambiente com ele diretamente relacionado tem de cumprir.

2.1 REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)

O presente regulamento abrange todos os edifícios de habitação novos, existentes ou sujeitos a uma grande intervenção recorrendo a metodologias de cálculo e a parâmetros a considerar. Para proceder à emissão de um pré-certificado e/ou de um certificado energético, o mesmo só pode ser efetuado por um Perito Qualificado do SCE com a categoria I e/ou II.

No que toca a edifícios novos, ou ainda na sua fase de projeto, é necessário ter reunida toda a informação relativa aos diferentes tipos de elementos construtivos e sistemas técnicos, nomeadamente equipamentos de climatização e preparação de AQS, para poder aplicar a metodologia de cálculo sem recorrer a qualquer tipo de simplificação. De seguida é necessário verificar o cumprimento de todos os requisitos, nomeadamente aqueles associados à qualidade térmica da envolvente do edifício, requisitos mínimos relativos a uma taxa de renovação do ar interior e valores regulamentares de eficiência de todos os sistemas instalados e/ou a instalar. Nestes casos, para que a emissão do certificado energético seja viável, é necessário que a classe energética do edifício seja no mínimo igual ou superior a B', o que significa que a relação entre os valores de N_{tc} e N_t tem de ser no mínimo igual a 1.

No caso de se tratar de um edifício/fração existente, ou sujeito a uma grande intervenção, é possível proceder como se tratasse de um edifício novo, aplicando a metodologia de cálculo sem recorrer a

qualquer simplificação, se existirem dados credíveis. Caso contrário é possível efetuar várias simplificações presentes no Despacho n.º 15793-E/2013. Mesmo podendo recorrer a simplificações, os elementos intervencionados estão sujeitos ao cumprimento de requisitos mínimos de qualidade, existindo ainda limites para os valores de Ntc e de Nt, sendo que a relação entre os mesmos não pode ultrapassar o valor de 1,5 de modo a obter uma classificação energética de classe C.

Dado que neste relatório de estágio o edifício em estudo irá ser sujeito a uma grande intervenção, serão enumeradas as várias simplificações presentes na legislação que foram consideradas mais pertinentes bem como alguns dos valores regulamentares a cumprir.

2.1.1 Levantamento dimensional

No momento em que é efetuado o levantamento dimensional do edifício é possível ter em conta as seguintes simplificações presentes na tabela abaixo.

Tabela 2.1 - Regras de simplificação relativas ao levantamento dimensional

Parâmetro	Regras de Simplificação
Área interior útil de pavimento	Ignorar áreas de parede/pavimento/cobertura associadas a reentrâncias e saliências com profundidade inferior a 1,0 m.
Área de parede (interior e exterior)	Ignorar áreas de parede/pavimento/cobertura associadas a recuados e avançados com profundidade inferior a 1,0 m.
Área de pavimento (interior e exterior)	Reduzir o valor da área interior útil de pavimento total em 10% caso a medição da área seja feita de forma global, incluindo a área de contacto das paredes divisórias com os pavimentos, isto é, sem compartimentação dos espaços.
Área de cobertura (interior e exterior)	A área das coberturas inclinadas (inclinação superior a 10º) pode ser medida no plano horizontal, agravando-se o valor medido em 25%.
Pé-direito médio	Em caso de pé-direito variável, deverá ser adotado um valor médio aproximado e estimado em função das áreas de pavimento associadas.
Área de portas (interior e exterior)	As portas de envolvente com uma área envidraçada inferior a 25% poderão considerar-se incluídas na secção corrente da envolvente opaca contígua, sendo que no caso contrário poderão ser tratadas globalmente como um vão envidraçado.

2.1.2 Coeficiente de redução de perdas

Para efetuar um cálculo da transferência de calor por transmissão por meio da envolvente interior, quer seja em elementos em contacto com espaços não úteis ou em elementos em contacto com edifícios adjacentes, é necessário calcular o btr que nos casos de edifícios/frações existentes ou sujeitos a grandes intervenções assume os valores de:

- 0,8 para ENU;
- 0,6 para edifícios adjacentes.

2.1.3 Elementos opacos da envolvente

Quando se desconhece a verdadeira constituição das soluções construtivas há que proceder a várias simplificações.

Para paredes simples de cantaria assume-se os valores presentes na tabela a seguir representada.

Tabela 2.2 - Coeficientes de transmissão térmica de paredes simples de cantaria

Espessura da alvenaria (m)	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
U [W/(m ² .°C)]	3,70	2,90	2,40	2,10	1,80

No caso de ser uma parede de alvenaria ordinária, paredes de alvenaria composta por tijolo maciço ou perfurado, ou paredes de taipa deve-se usar os seguintes valores:

Tabela 2.3 - Coeficientes de transmissão térmica de paredes simples rebocadas (anteriores a 1960)

Espessura da alvenaria (m)	0,30	0,60	0,90	1,20
U [W/(m ² .°C)]	2,40	1,80	1,40	1,20

Em relação a paredes simples ou paredes duplas em que se desconheça o tipo de bloco utilizado, pode-se utilizar os valores da tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Coeficientes de transmissão térmica de parede simples ou dupla rebocada (posterior a 1960)

Espessura da alvenaria (m)	0,18 a 0,20	0,23 a 0,29	0,30	0,35
U [W/(m ² .°C)]	1,70	1,30	1,10	0,96

Para o cálculo dos valores dos coeficientes de transmissão térmica de pavimentos deve-se usar os valores da seguinte tabela:

Tabela 2.5 - Coeficientes de transmissão térmica de pavimentos

		Pavimento			
		Leve		Pesado	
U [W/(m ² .°C)]	Sentido do fluxo	Exterior	Ascendente	-	-
			Descendente	2,20	3,10
		Interior	Ascendente	-	-
			Descendente	1,71	2,21

Por último, em relação às coberturas, o cálculo dos coeficientes de transmissão térmica pode ser consultado na tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Coeficientes de transmissão térmica de coberturas

				Cobertura		
				Leve inclinada	Pesada inclinada	Pesada horizontal
U [W/(m ² .°C)]	Sentido do fluxo	Exterior	Ascendente	3,80	3,40	2,60
			Descendente	3,00	2,75	2,20
		Interior	Ascendente	3,09	-	2,25
			Descendente	2,16	-	1,71

2.1.4 Elementos da envolvente em contacto com o solo

Para determinar as perdas de calor por elementos em contacto com o solo, é necessário calcular o valor do coeficiente de transmissão térmica de paredes em contato com o solo (U_{bw}) e o valor do coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o solo (U_{bf}), em função de um valor médio da

profundidade enterrada ao longo do perímetro exposto e das resistências térmicas de ambos os elementos, como se pode observar na seguinte tabela:

Tabela 2.7 - Coeficientes de transmissão térmica para elementos em contacto com o solo

Z (m)	Pavimentos		Paredes	
	U _{bf} [W/(m ² .°C)]		U _{bw} [W/(m ² .°C)]	
	R _f < 0,75	R _f ≥ 0,75	R _f < 0,75	R _f ≥ 0,75
Z < 1	1,0	0,6	2,0	0,8
1 ≤ Z ≤ 3	0,8	0,6	1,5	0,7
Z > 3	0,6	0,4	0,8	0,5

2.1.5 Pontes térmicas planas

Nos casos em que não haja uma certeza de que as soluções construtivas garantam uma ausência ou uma pequena contribuição de zonas em que estão presentes PTP, a determinação das áreas e dos respetivos coeficientes de transmissão térmica é dispensada, efetuando um agravamento de 35% do coeficiente de transmissão térmica determinado para a zona corrente e aplicado à globalidade da envolvente.

2.1.6 Pontes térmicas lineares

Para o cálculo das perdas de calor nas zonas de PTL, poderão ser considerados os seguintes valores:

Tabela 2.8 - Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares

Tipo de ligação	Ψ [W/(m ² .°C)]
Fachada com pavimentos térreos	0,70
Fachada com pavimento sobre o exterior ou ENU	
Fachada com cobertura	
Fachada com pavimento intermédio	
Fachada com varanda	
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0,50
Fachada com caixilharia	0,30
Zona da caixa de estore	

2.1.7 Classe de inércia térmica

Para averiguar a classe de inércia térmica interior em regra deve proceder-se ao cálculo da mesma de acordo com a fórmula presente no Despacho n. 15793-K/2013, tendo em conta os revestimentos implementados e a massa superficial das soluções que foram adotadas.

Caso tal não seja possível efetuar o cálculo por qualquer motivo, pode-se determinar a classe de inércia térmica recorrendo à seguinte tabela, atendendo na mesma às soluções construtivas do edifício.

Tabela 2.9 - Regras de simplificação aplicáveis à quantificação da inércia térmica interior

Classe de Inércia Térmica Interior	Requisitos
Fraca	<p>Caso se verifiquem cumulativamente as seguintes soluções:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Teto falso em todas as divisões ou pavimento de madeira ou esteira leve (cobertura); – Revestimento de piso do tipo flutuante ou pavimento de madeira; – Paredes de compartimentação interior em tabique ou gesso cartonado ou sem paredes de compartimentação;
Média	<p>Caso não se verifiquem os requisitos necessários para se classificar a classe de inércia térmica em Forte ou Fraca.</p>
Forte	<p>Caso se verifiquem cumulativamente as seguintes soluções, sem aplicação de isolamento térmico pelo interior:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Pavimento e teto de betão armado ou pré-esforçado; – Revestimento de teto em estuque ou reboco; – Revestimento de piso cerâmico, pedra, parqué, alcatifa tipo industrial sem pelo, com exclusão de soluções de pavimentos flutuantes; – Paredes interiores de compartimentação em alvenaria com revestimentos de estuque ou reboco; – Paredes exteriores de alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco; – Paredes da envolvente interior (caixa de escadas, garagem, ...) em alvenaria com revestimentos interiores de estuque ou reboco

2.1.8 Ganhos solares brutos

Relativamente aos ganhos solares através de envidraçados, o cálculo do produto entre o fator de obstrução dos vãos envidraçados (F_s) e a fração envidraçada (F_g) tanto para a estação de aquecimento como para a de arrefecimento pode ser feito através das tabelas abaixo, permitindo assim uma simplificação ao dispensar o cálculo rigoroso dos ângulos formados por elementos horizontais e/ou verticais sobrepostos aos vãos envidraçados e por elementos localizados no horizonte.

Tabela 2.10 - Valores do produto $F_s * F_g$ para o cálculo das necessidades de aquecimento em edifícios existentes

Parâmetro	Regras de Simplificação	Regras de aplicação
Produto $F_s * F_g$	Sem sombreamento $F_s * F_g = 0,63$ ($F_s = 0,90; F_g = 0,70$)	Envidraçados orientados a Norte; Envidraçados nas restantes orientações, sem obstruções do horizonte e sem palas.
	Sombreamento Normal/Standard $F_s * F_g = 0,32$ ($F_s = 0,45; F_g = 0,70$)	Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45°.
	Fortemente sombreado $F_s * F_g = 0,19$ ($F_s = 0,27; F_g = 0,70$)	Envidraçados não orientados a Norte, com obstruções do horizonte ou palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45°.

Tabela 2.11 - Valores do produto $F_s * F_g$ para o cálculo das necessidades de arrefecimento em edifícios existentes

Parâmetro	Regras de Simplificação	Regras de aplicação
Produto $F_s * F_g$	Sem sombreamento $F_s * F_g = 0,63$	– Envidraçados orientados a Norte; – Envidraçados nas restantes orientações, sem palas horizontais.
	Sombreamento Normal/Standard $F_s * F_g = 0,52$	– Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução inferior ou igual a 45°
	Fortemente sombreado $F_s * F_g = 0,50$	– Envidraçados não orientados a Norte, com palas que conduzam a um ângulo de obstrução claramente superior a 45°.

2.1.9 Eficiência dos sistemas técnicos

A determinação da eficiência dos equipamentos de produção de AQS e dos sistemas técnicos de climatização com vista ao cálculo das necessidades nominais globais de energia primária, deverá ser feita através de uma inspeção realizada no último ano por uma entidade qualificada para tal ou em alternativa poderá ser consultada informação técnica fornecida pelos fabricantes dos equipamentos mediante uma verificação do funcionamento adequado dos sistemas. Caso não seja possível proceder de nenhuma das formas acima descritas, deve-se consultar a seguinte tabela para obter a eficiência dos equipamentos instalados no edifício.

Tabela 2.12 - Valores base de eficiência para equipamentos de climatização e de produção de AQS em edifícios existentes

Tipo de sistema	Eficiência	Idade do sistema	Fator
Resistência elétrica para aquecimento ambiente.	1,00	-	-
Termoacumulador elétrico para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,90	Entre 1 a 10 anos	0,95
		> 10 anos	0,90
		> 20 anos	0,80
Esquentador ou caldeira a combustível gasoso ou líquido para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,75	Depois de 1995	0,95
		Até 1995	0,90
Caldeira combustível sólido, recuperadores de calor ou salamandras para aquecimento ambiente e/ou preparação de AQS.	0,75	Entre 1 e 10 anos	0,95
		> 10 anos	0,90

2.1.10 Valores de referência

Neste subcapítulo são evidenciados os limites de referência dos parâmetros térmicos a serem considerados no cálculo da certificação energética.

Na tabela 2.13 é possível consultar os coeficientes de transmissão térmica superficiais e lineares de referência para qualquer tipo de situação, tendo em vista o cumprimento da legislação em vigor por parte das soluções construtivas do edifício. A partir do dia 31 de Dezembro de 2015 os valores máximos permitidos por lei, para os coeficientes de transmissão térmica, passaram a ser iguais aos valores de referência, o que provocou uma necessidade de aumentar as resistências térmicas dos elementos construtivos, permitindo aumentar o nível de conforto térmico. Sendo assim nenhum elemento da envolvente poderá ter um coeficiente de transmissão térmica superior aos valores definidos na tabela,

exceto em casos de reabilitação urbana em que existam incompatibilidades de ordem técnica, funcional ou de valor arquitetónico, desde que sejam devidamente justificadas. Ao reforçar o isolamento térmico da envolvente e colocar envidraçados com melhor desempenho térmico é necessário um maior investimento comparativamente ao necessário para cumprir a legislação anterior ao presente regulamento, investimento este que terá retorno ao fim de um determinado período de tempo devido à diminuição dos consumos energéticos.

Tabela 2.13 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados

$U_{ref} [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$		Zona Climática		
Zona corrente da envolvente:		A partir de 31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3
Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com $btr > 0.7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30
Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $btr \leq 0.7$	Elementos opacos verticais	0,80	0,70	0,60
	Elementos opacos horizontais	0,60	0,60	0,50
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50		
Regiões autónomas				
Zona corrente da envolvente:		A partir de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3
Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com $btr > 0.7$	Elementos opacos verticais	0,70	0,60	0,45
	Elementos opacos horizontais	0,45	0,40	0,35
Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $btr \leq 0.7$	Elementos opacos verticais	0,90	0,80	0,70
	Elementos opacos horizontais	0,70	0,70	0,60
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50		

Em relação às pontes térmicas planas, todas as zonas da envolvente que formam uma zona de PTP, nomeadamente pilares, vigas e caixas de estore deverão ser calculadas na direção normal à envolvente de forma a apresentar um coeficiente de transmissão térmica não superior a $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Na tabela, abaixo, estão definidos os coeficientes de transmissão lineares de referência, segundo o tipo de ligação apresentada pelos elementos opacos do edifício.

Tabela 2.14 - Coeficientes de transmissão lineares de acordo com o tipo de ligação entre os elementos opacos do edifício

Tipo de ligação	$\psi \text{ [W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$
Fachada com pavimentos térreos Fachada com pavimento sobre o exterior ou ENU Fachada com cobertura Fachada com pavimento intermédio Fachada com varanda	0,50
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0,40
Fachada com caixilharia Zona da caixa de estore	0,20

Para o cálculo da inércia térmica de uma fração autónoma é necessário ter em consideração a sua capacidade de armazenamento de calor e a massa superficial útil de todos os seus elementos de construção. Esta massa é calculada tendo por base a localização do edifício e nomeadamente o posicionamento do isolamento térmico assim como as características dos revestimentos adotados.

$$I_t = \frac{\sum A \cdot M \cdot s_i \cdot r}{A_p} \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad (2.1)$$

Após o cálculo da inércia é necessário consultar a tabela 2.15 para averiguar a sua classificação.

Tabela 2.15 – Parâmetros de classificação da classe de inércia térmica

Classe de inércia térmica	$I_t \text{ (kg/m}^2\text{)}$
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

Relativamente à determinação do valor da taxa de renovação de ar interior, é imperativo reunir informação relativas à altura do edifício, da fração a estudar, de possíveis obstáculos no horizonte bem

como a distância ao mesmo. Para calcular este valor foi usada a folha de cálculo da ventilação fornecida pelo LNEC, sendo que de acordo com as disposições previstas para o efeito, o valor da taxa de renovação horária de ar deve ser igual ou superior a 0,4 renovações por hora.

No caso dos envidraçados é necessário verificar o fator global máximo admissível dos vãos envidraçados que é obtido através da consulta da seguinte tabela:

Tabela 2.16 - Determinação do fator solar global máximo

g_{Tmax}	Zona Climática		
Classe de inércia	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

2.1.11 Classe energética

A obtenção da classe energética é feita com recurso ao cálculo de um rácio entre o valor das necessidades nominais globais de energia primária (N_{tc}) e o valor limite regulamentar para as necessidades de energia primária (N_t), o qual pode ser observado na seguinte expressão:

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (2.1)$$

Após o cálculo é necessário consultar a tabela a seguir representada para obtenção da letra que representa a classe energética, sendo que quanto menor for o valor do rácio, melhor será a classe energética.

Tabela 2.17 - Classificação energética no âmbito do REH

Classe Energética	Valor de R_{Nt}
A ⁺	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,5$
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	$R_{Nt} \geq 2,51$

2.2 REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS (RECS)

Para proceder à certificação energética de edifícios de comércio e serviços é necessário averiguar, em primeiro lugar, em que categoria se encaixa: PESsC, PEScC ou GES.

Um GES corresponde a um grande edifício de comércio e serviços, que possuindo ou não um sistema de climatização, a sua área útil de pavimento é igual ou superior a 1000m² ou no caso de se tratar de centros comerciais, supermercados e piscinas, basta a área útil de pavimento ser igual ou superior a 500m² para ser considerado um GES.

O PESsC corresponde a um pequeno edifício ou fração de comércio e serviços com área inferior à dos GES, que não apresenta sistema de climatização ou então no caso de possuir, a potência térmica dos equipamentos correspondente à maior das potências de aquecimento/arrefecimento ambiente tem de ser igual ou inferior a 25 kW.

Quando se trata de um PEScC, ou seja, um pequeno edifício ou fração destinada a comércio e serviços, cuja área está na mesma limitada como um PESsC, este apresenta um sistema de climatização cuja potência térmica associada à maior soma das potências de aquecimento/arrefecimento ambiente é superior a 25 kW.

Enquanto que um PESsC pode ser avaliado a nível de desempenho e respetiva classificação energética por um PQ-I através de uma simulação horária monozona, os PEScC e os GES só podem ser avaliados por um PQ-II com recurso a uma simulação dinâmica multizona.

2.2.1 Simulação horária monozona

Como referido anteriormente a avaliação do desempenho energético de pequenos edifícios de comércio e serviços sem climatização ou com a soma das potências máximas igual ou inferior a 25kW é feita com recurso a uma simulação horária monozona através do método de cálculo dinâmico simplificado. Este método é utilizado para averiguar as necessidades de energia do edifício/fração quando existe apenas uma única zona térmica, tendo em conta o balanço energético horário, permitindo introduzir perfis de funcionamento do edifício, fatores solares, dispositivos de sombreamento, coeficientes de redução de perdas de espaços complementares, espaços não úteis, e muitos outros parâmetros. É permitido dividir os espaços do edifício em 2 categorias distintas: espaços da zona térmica/espaços complementares do tipo A e espaços complementares do tipo B.

Segundo a ADENE os espaços da zona térmica e espaços complementares do tipo A possuem uma ocupação permanente, ou seja, uma ocupação igual ou superior a 2horas por dia ou dispõem de um

sistema de climatização com vista ao conforto térmico. Os espaços complementares do tipo B não possuem uma ocupação permanente nem qualquer sistema de climatização ambiente para promover um conforto térmico do espaço. O presente método permite averiguar os consumos anuais energéticos associados à iluminação, climatização, equipamentos e ventilação, permitindo o cálculo do índice de eficiência energética para um conseqüente cálculo da classe energética.

Tal como no REH, o RECS permite utilizar várias simplificações de cálculo, algumas delas sendo comuns a ambos os regulamentos.

2.2.1.1 Envolvente e pontes térmicas

Para caracterizar as pontes térmicas lineares é possível optar por se efetuar uma majoração de 5% nas necessidades de aquecimento do edifício, enquanto que relativamente às PTP pode-se optar por uma majoração no valor de 35% do coeficiente de transmissão térmica dos mais variados elementos construtivos do edifício.

2.2.1.2 Ocupação

Para se proceder a uma simulação mais aproximada dos consumos energéticos do edifício em estudo, é necessário determinar para cada espaço o número de colaboradores bem como o respetivo horário laboral e atividades realizadas no ambiente de trabalho. É por isso necessário criar um perfil de ocupação para cada espaço dado que esta é uma condicionante que influencia todas as outras como os sistemas de climatização e iluminação. Dependendo da ocupação do espaço existe também uma quantidade de carga térmica libertada que varia em função da atividade desenvolvida.

2.2.1.3 Iluminação

Enquanto que nos casos de habitações não era necessário o levantamento da iluminação, no RECS a par dos sistemas de climatização, a iluminância, valor que depende da lâmpada e respetiva armadura, é um fator com um impacto bastante elevado nos consumos energéticos.

A iluminância consiste na quantidade de luz que incide numa determinada superfície por unidade de área, sendo a unidade no sistema internacional o Lux. Este valor pode ser determinado através de um ensaio no local com o auxílio de um luxímetro ou então através da consulta dos valores presentes na norma EN 12464-1.

Tal como acontece na ocupação, é também necessário criar um perfil de iluminação para cada espaço dado que o funcionamento das luminárias vai influenciar em grande parte a classificação energética do edifício.

2.2.1.4 Sistemas técnicos

À semelhança do que acontece no REH é necessário efetuar um levantamento pormenorizado de todo o tipo de equipamentos instalados e respetivas potências. Sendo o mais importante os sistemas de climatização e AQS, existe também a obrigatoriedade de registar os restantes equipamentos instalados tais como televisores, frigoríficos, computadores, etc, dado que estes também produzem energia sob a forma de calor para o espaço útil e apresentam consumos energéticos não tão significativos como os equipamentos de climatização e AQS, mas ainda assim devem ser contabilizados. Para cada um dos equipamentos é necessário associar um espaço bem como se este está destinado à função de aquecimento, arrefecimento ou AQS.

2.2.1.5 Qualidade do ar interior

Dado que um trabalhador passa a maior parte do tempo no edifício é necessário ter em consideração o cumprimento de todos os requisitos de concentração de poluentes que pode ser medida com recurso a equipamento de monitorização de partículas, avaliando assim o grau de eficácia dos sistemas de ventilação com vista a valores de qualidade do ar interior dentro do permitido a nível regulamentar.

Para proceder ao cálculo destes valores é possível recorrer à folha desenvolvida pelo LNEC que faz uma automática aplicação do regulamento a cada caso de estudo.

2.2.2 Simulação dinâmica multizona

A simulação dinâmica multizona é passível de aplicação em casos de PES e GES que possuam mais do que uma zona térmica e obriga a uma utilização de um software de simulação certificado pela norma ASHRAE 140 com varias especificações, entre as quais:

- Capacidade para modelar mais que uma zona térmica;
- Possibilidade de criação de perfis horários de acordo com o funcionamento do edifício;
- Permitir horários distintos para as cargas térmicas consoante a sua iluminação, equipamentos e respetiva ocupação;
- Para cada zona térmica haver um ajuste dos termóstatos;
- Capacidade de estabelecer vários parâmetros para o funcionamento dos sistemas de climatização de uma forma independente e para cada período horário de funcionamento;
- Possibilidade para contabilizar as perdas por renovação de ar e respetiva recuperação de calor do ar de rejeição;

- Permitir introduzir as características dos materiais do edifício com vista ao cálculo da influência da inércia térmica no desempenho energético do edifício.

Para além de todas estas especificidades, a caracterização da zona onde está implantado o edifício deve ser feita com recurso à utilização do programa “CLIMAS-SCE” desenvolvido pelo LNEC que permite a exportação de um ficheiro com os valores climáticos para o programa de simulação a utilizar.

A nível regulamentar apenas existe a obrigação de criar dois modelos de simulação: um com todas os valores reais do edifício e outro com valores de referência de modo a comparar os consumos entre os dois para que seja possível determinar a classe energética do edifício.

Relativamente à aplicação de medidas de melhoria, na generalidade dos casos, as medidas com mais impacto nos consumos energéticos do edifício são: a substituição das luminárias existentes por outras com maior eficiência e projetadas de acordo com as necessidades do espaço; substituição dos sistemas de climatização existentes por outros mais eficientes e devidamente projetados para cumprir com as necessidades reais; utilização de energias renováveis para produção de AQS e de energia elétrica. No entanto por muitas medidas de melhoria que sejam aplicadas, o mais importante reside numa adequada formação aos ocupantes do edifício para que estes sejam conhecedores do funcionamento dos equipamentos, de modo a que seja possível reduzir os consumos energéticos do edifício. Para conseguir uma maior racionalização dos consumos pode também ser contratado um gestor de energia com os conhecimentos adequados do edifício e respetivas ferramentas de gestão.

2.2.3 Classe energética

Para se proceder à determinação da classe energética do edifício, o regulamento obriga a um cálculo de Indicadores de Eficiência Energética, sendo eles o IEE_S , IEE_T e IEE_{ren} . Os consumos anuais para usos do tipo S são representados no IEE_S , o IEE_T diz respeito aos consumos anuais para usos do tipo T enquanto que a produção de energia elétrica e térmica com recurso a fontes de energia renovável para autoconsumo é representada pelo IEE_{ren} . Os consumos de energia a considerar tanto para o IEE_S como para o IEE_T estão devidamente assinalados na tabela a seguir.

Tabela 2.18 - Consumos energéticos do tipo S e do tipo T

Consumos no IEE _S	Consumos no IEE _T
<ul style="list-style-type: none"> – Aquecimento e arrefecimento ambiente, incluindo humidificação e desumidificação; – Ventilação e bombagem em sistemas de climatização; – Aquecimento de águas sanitárias e de piscinas; – Iluminação interior; – Elevadores, escadas e tapetes rolantes; – Iluminação exterior. 	<ul style="list-style-type: none"> – Ventilação e bombagem não associada ao controlo de carga térmica; – Equipamentos de frio; – Iluminação dedicada e de utilização pontual; – Todos os restantes equipamentos e sistemas não incluídos em IEE_S

O IEE_S, o IEE_T e IEE_{ren} são obtidos através das seguintes fórmulas:

$$IEE_S = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}) \text{ [kWh}_{Ep}\text{m}^2\text{.ano]} \quad (2.2)$$

$$IEE_T = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{T,i} \cdot F_{pu,i}) \text{ [kWh}_{Ep}\text{m}^2\text{.ano]} \quad (2.3)$$

$$IEE_{ren} = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{ren,i} \cdot F_{pu,i}) \text{ [kWh}_{Ep}\text{m}^2\text{.ano]} \quad (2.4)$$

Em que:

A_p – Área útil de pavimento [m²];

$E_{S,i}$ – Consumo de energia por fonte do tipo i para os usos do tipo S, [kWh/ano];

$E_{T,i}$ – Consumo de energia por fonte do tipo i para os usos do tipo T, [kWh/ano];

$E_{ren,i}$ – Produção de energia por fonte de energia i a partir de fontes de origem renovável para consumo, [kWh/ano];

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia útil para energia primária que traduz o rendimento global do sistema de conversão e transporte de energia de origem primária, [kWh_{Ep}/kWh].

Tendo em conta a eficiência dos sistemas técnicos, caracterização da envolvente e respetiva localização do edifício, o IEE previsto (IEE_{pr}) tem como objetivo mostrar o consumo anual de energia do edifício e é obtido através da expressão:

$$IEE_{pr} = IEE_{pr,S} + IEE_{pr,T} + IEE_{pr,REN} \text{ [kWh}_{ep}/\text{m}^2\cdot\text{ano]} \quad (2.5)$$

O índice de eficiência energética de referência (IEE_{ref}) traduz o consumo anual de energia no caso o edifício fosse dotado de soluções de referencia, sendo este traduzido através da seguinte fórmula:

$$IEE_{ref} = IEE_{ref,S} + IEE_{ref,T} \text{ [kWh}_{ep}/\text{m}^2\cdot\text{ano]} \quad (2.6)$$

Após a determinação de todos os IEE_S é possível passar ao cálculo do rácio da classe energética com recurso á seguinte expressão:

$$R_{IEE} = \frac{IEE_S - IEE_{ren}}{IEE_{ref,S}} \quad (2.7)$$

Posto isto, é necessário consultar a seguinte tabela, para com base no rácio, obter a letra pertencente à classe energética do edifício.

Tabela 2.19 - Classificação energética no âmbito do RECS

Classe Energética	Valor de R_{IEE}
A ⁺	$R_{IEE} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{IEE} \leq 0,5$
B	$0,51 \leq R_{IEE} \leq 0,75$
B ⁻	$0,76 \leq R_{IEE} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{IEE} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{IEE} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{IEE} \leq 2,50$
F	$R_{IEE} \geq 2,51$

CAPÍTULO 3

CASO DE ESTUDO - EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR E DE SERVIÇOS

Para o presente relatório foi selecionado um edifício sito na Rua de José Falcão, pertencente ao concelho do Porto. O edifício em questão é constituído por 4 pisos. O rés-do-chão é constituído pela entrada do edifício e zona de circulação comum com acesso aos restantes pisos e por uma fração de serviços destinada a restauração que se prolonga até ao piso 1 que possui um logradouro nas traseiras. O piso 2 é constituído por três frações de habitação de tipologia T1 e uma fração de habitação de tipologia T0. O piso 3 é constituído por duas frações de habitação de tipologia T2 e uma fração de habitação de tipologia T1. De seguida é possível observar a fachada principal do edifício na figura 3.1 e a respetiva fachada das traseiras do edifício na figura 3.2.



Figura 3.1 - Fachada principal do edifício (projeto de arquitetura)



Figura 3.2 - Traseiras do edifício (projeto de arquitetura)

O edifício em estudo irá ser alvo de uma grande intervenção como se pode verificar através da figura 3.3 onde é possível ver o estado no qual este se encontra, nomeadamente uma fração de habitação.



Figura 3.3 - Fração de habitação antes de ser alvo de reabilitação

Como caso de estudo irá ser abordado o estudo térmico de uma fração de habitação e da fração de serviços destinada a restauração.

3.1 FRAÇÃO A – HABITAÇÃO

A fração autónoma A, ilustrada na figura 3.4, de tipologia T1 tem a sua fachada orientada a oeste e está localizada no piso 2 com acesso a partir da entrada do edifício no piso 0. A fração é composta por hall de entrada, instalações sanitárias, quarto e por uma kitchenette instalada na sala, perfazendo um total de 42,29 m². A fração confronta abaixo com a fração de serviços, acima com uma outra fração de habitação e lateralmente com o exterior, com zona de circulação comum e com o edifício adjacente. A fração em estudo apresenta uma conduta de ventilação natural. Não possui sistemas técnicos destinados a climatização e a preparação de AQS é efetuada com recurso a um termoacumulador elétrico.



Figura 3.4 - Marcação da fachada da Fração A

De seguida pode-se observar na figura 3.5 a planta da fração A devidamente assinalada.

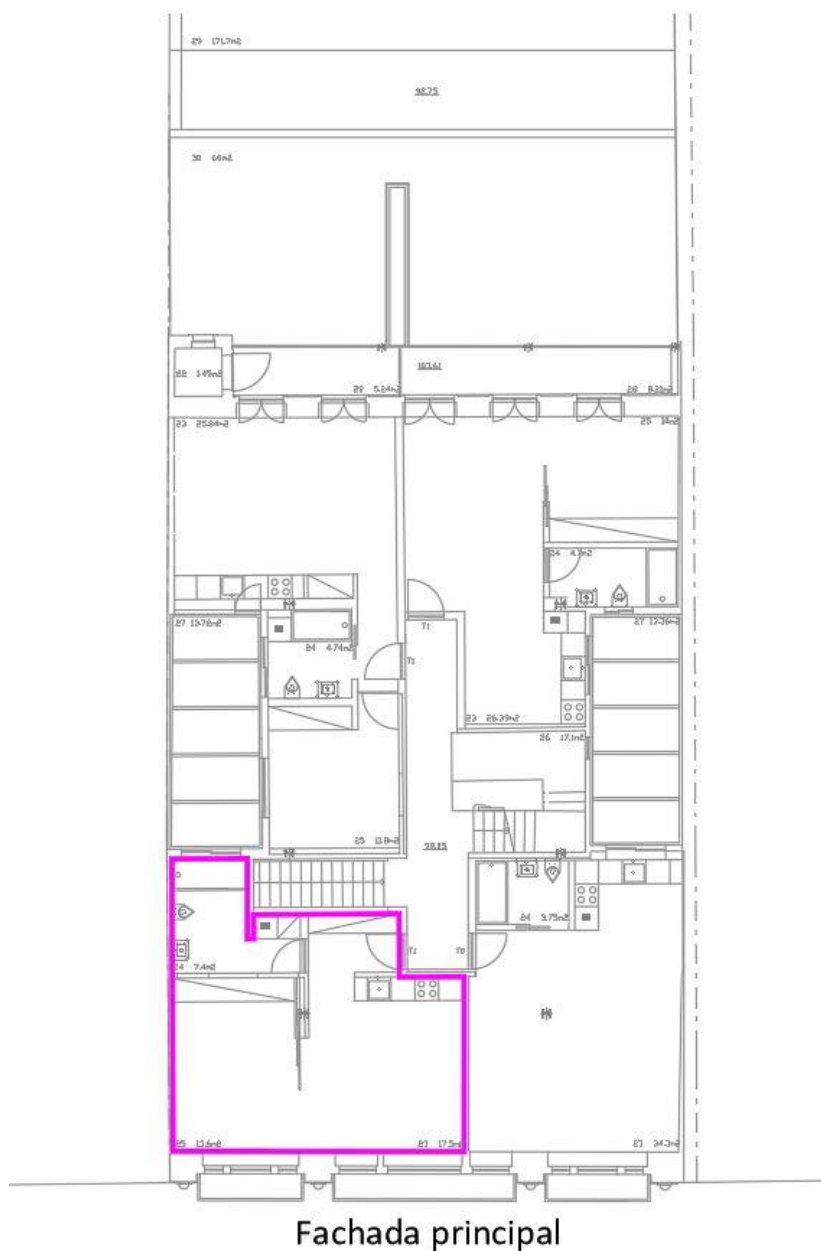


Figura 3.5 - Identificação da Fração A

3.1.1 Dados climáticos

O edifício, como anteriormente referido, está localizado no centro da cidade do Porto e encontra-se implantado a uma altitude de 94m no interior de uma zona urbana com uma distância à costa superior a 5km.

Para se proceder à determinação das zonas climáticas onde o edifício está inserido é necessário determinar os graus dia (GD) e a temperatura ambiente exterior (θ_{ext}) do local.

Uma vez que o edifício está inserido na zona “Grande Porto” e através da consulta da seguinte tabela retira-se o valor de GD.

Tabela 3.1 - Valores de referência e declive para ajustes em altitude para a estação de aquecimento

	z		M		GD		$\theta_{ext,i}$		G _{Sul}
	REF	REF	a	REF	a	REF	a		
	m	meses	mês/km	°C	°C/km	°C	°C/km	Por mês	
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	9,9	-7	130	

Após consulta dos valores acima presentes na tabela, é possível calcular o valor de GD através da seguinte expressão:

$$GD = 1250 + 1600 \times (94 - 94) = 1250 \quad (3.1)$$

De seguida consulta-se a tabela abaixo para determinar a zona climática de inverno a qual o edifício está sujeito.

Tabela 3.2 - Critérios de definição da zona climática de inverno

Critério	GD ≤ 1300 °C.dia	1300 < GD ≤ 1800 °C.dia	GD > 1800 °C.dia
Zona	I1	I2	I3

De acordo com a tabela 3.2 pode-se afirmar que o edifício se encontra numa zona climática de inverno do tipo I1.

Relativamente à estação de arrefecimento é necessário consultar a tabela 3.2, a seguir representada.

Tabela 3.3 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento

	z		$\theta_{ext,v}$		I _{sol} kWh/m ² acumulados de Junho a Setembro							
	REF	REF	a	0°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
	m	°C	°C/km	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350

Consultada a tabela, determina-se o valor de $\theta_{ext,v}$ com a seguinte expressão:

$$\theta_{ext,v} = 20,9 + 0 \times (94 - 94) = 20,9 \text{ °C} \quad (3.2)$$

Após este cálculo é necessário observar a tabela abaixo representada, onde se pode verificar que o edifício se encontra numa zona climática de verão do tipo V2.

Tabela 3.4 - Critérios de definição da zona climática de verão

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$20 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta_{ext,v} \leq 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\theta_{ext,v} \geq 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

Pode-se então concluir que o edifício se encontra nas zonas climáticas I1-V2.

3.1.2 Caracterização das envolventes

A marcação de envolventes é um aspeto de extrema importância na classificação energética e é efetuada com recurso a várias cores como pode ser observado na figura 3.6. A envolvente em contacto direto com o exterior é representada com a cor vermelha, a envolvente em contacto com espaços não úteis pode ser marcada com recurso a duas cores distintas, sendo que para espaços em contacto com zonas com coeficiente de redução de perdas igual ou inferior a 0,7 é marcada a cor azul enquanto que espaços em contacto com zonas com coeficiente de redução de perdas superior a 0,7 a cor escolhida é o amarelo. Para envolventes sem requisitos como é o caso de envolventes em contacto com o solo ou com frações adjacentes, a marcação deve ser efetuada a cor verde.



Figura 3.6 - Legenda representativa da marcação de envolventes

De seguida procedeu-se ao cálculo dos “btr” dos espaços não úteis, o qual pode ser observado na seguinte tabela.

Tabela 3.5 - Cálculo dos btr dos espaços não úteis

ENU	Ai	Au	Ai/Au	Ai/Au	Volume ENU	Volume ENU	Ventilação	btr
Zona de circulação comum	30,05	14,24	2,11	$2 \leq Ai/Au \leq 4$	60,71	$50 \leq V_{ENU} \leq 200$	Forte	0,9
Serviços	42,29	184,10	0,23	$Ai \leq 0,5$	1786,31	$V_{ENU} > 200$	Fraca	1

Relativamente à zona de circulação comum a ventilação foi considerada como sendo forte dado que possui uma claraboia e no projeto de ventilação foram preconizadas grelhas de entradas de ar. Sendo assim, a envolvente será marcada a cor amarela e o pavimento em contacto com serviços será representada pela mesma cor. A envolvente em contacto com outra fração é considerada sem requisitos por isso será marcada a cor verde. A nível regulamentar está definido que as envolventes em contacto com edifícios adjacentes têm um coeficiente de redução de perdas equivalente a 0,6 logo serão representadas a cor azul. Todas estas marcações podem ser observadas nas figuras 3.7 e 3.8 onde se podem ver os requisitos das envolventes nas plantas de pavimento e nas plantas de teto respetivamente.



Figura 3.7 - Planta com a marcação das envolventes e requisitos dos pavimentos

Tabela 3.6 - Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior PE1

PE1	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj (m ² .°C/W)	
Resistência superficial exterior			0,04	
Alvenaria de granito existente	0,57	2,8	0,204	
Reboco	0,02	1,3	0,015	
Resistência superficial interior			0,13	
Resistência térmica total - R _{total} (m ² .°C/W)			0,389	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			2,571	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - U _{ref} [W/(m.°C)]			0,50	Não cumpre

Este elemento construtivo, representado na figura 3.9, não cumpre os requisitos mínimos de qualidade devido à impossibilidade de ser devidamente intervencionada por se encontrar numa zona histórica e por se considerar que a aplicação de isolamento pelo interior não seria viável por retirar bastante área ao compartimento e por prejudicar bastante a inércia térmica do edifício dado que é uma parede com uma área considerável.

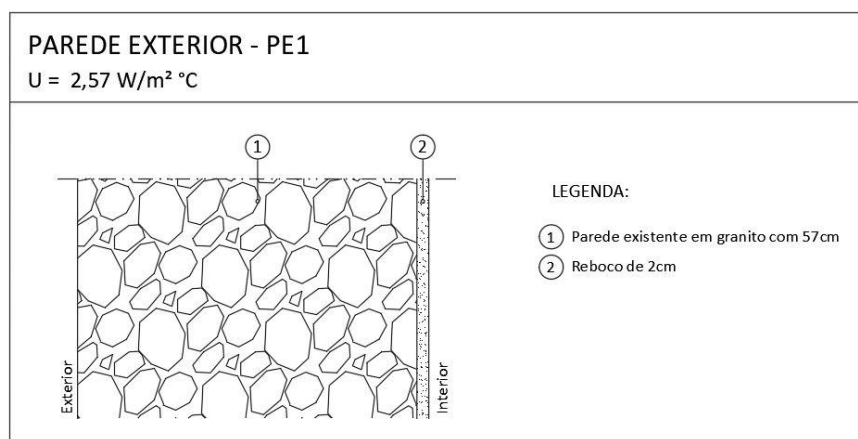


Figura 3.9 - Representação da solução construtiva da parede exterior PE1

Elemento do tipo PE2 ilustrado na figura 3.10: Parede exterior em alvenaria simples de 0,306 m de espessura, orientada a Este, com isolamento térmico pelo interior constituída (do exterior para o interior) por: reboco com espessura de 0,02 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.°C); parede existente em tabique, com espessura de 0,2 m e resistência térmica de 0,33 (m².°C)/W; isolamento térmico em lã de rocha, com espessura de 0,06 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,04 W/(m.°C); placa de gesso cartonado, com espessura de 0,026 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.°C).

Tabela 3.7 - Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior PE2

PE2	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj (m2.°C/W)	
Resistência superficial exterior			0,04	
Reboco	0,02	1,3	0,015	
Parede existente em tabique	0,2		0,33	
Lã de rocha	0,06	0,04	1,5	
Placa de gesso cartonado	0,026	0,25	0,104	
Resistência superficial interior			0,13	
Resistência térmica total - Rtotal (m2.°C/W)			2,119	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			0,472	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - Uref [W/(m.°C)]			0,50	Cumpre

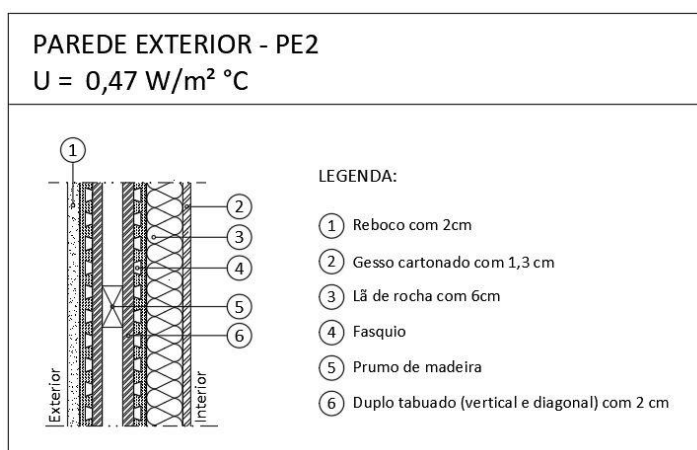


Figura 3.10 - Representação da solução construtiva da parede exterior PE2

Elemento do tipo COBE1, representado na figura 3.11: Cobertura exterior com isolamento térmico pelo exterior, constituída (do interior para o exterior) por: gesso cartonado com espessura de 0,013 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.°C); laje em betão com espessura de 0,12 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2 W/(m.°C); camada de forma com espessura de 0,07 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,33 W/(m.°C); isolamento em poliestireno expandido extrudado com espessura de 0,08 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C); betonilha com espessura de 0,03 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,33 W/(m.°C); mosaico com espessura de 0,02 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.°C).

Tabela 3.8 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura exterior COBE1

COBE1	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj ascendente (m2.°C/W)	Rj descendente (m2.°C/W)	
Resistência superficial interior			0,10	0,17	
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,052	0,052	
Laje em betão	0,12	2	0,06	0,06	
Camada de forma	0,07	0,33	0,212	0,212	
XPS	0,08	0,037	2,162	2,162	
Betonilha	0,03	0,33	0,091	0,091	
Mosaico	0,02	1,3	0,015	0,015	
Resistência superficial exterior			0,04	0,04	
Resistência térmica total - Rtotal (m2.°C/W)			2,733	2,803	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			0,366	0,357	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - Uref [W/(m.°C)]			0,40	0,40	Cumpre

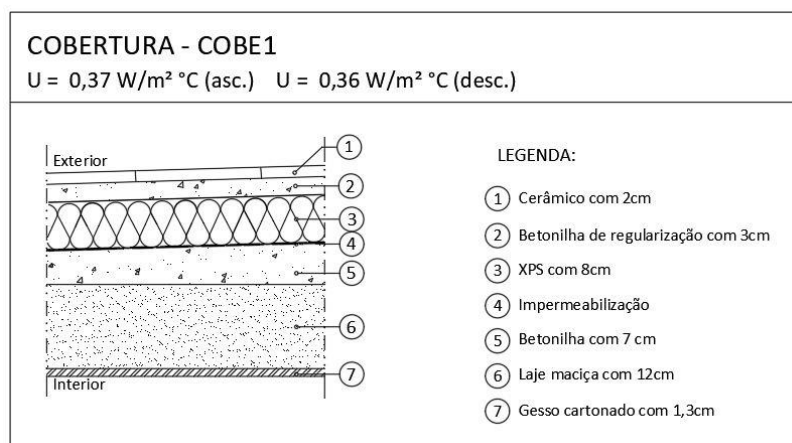


Figura 3.11 - Representação da solução construtiva da cobertura exterior COBE1

3.1.3.2 Envoltente opaca interior

Elemento do tipo PI1 representado na figura 3.12: Parede interior em contacto com zona de circulação comum em alvenaria simples de 0,293 m de espessura, com isolamento térmico pelo interior constituída (do ENU para o interior) por: reboco com espessura de 0,02 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 w/(m.°C); parede existente em tabique com espessura de 0,2 m e resistência térmica de 0,333 (m2.°C)/W; isolamento em lã de rocha com espessura de 0,06 m e coeficiente de condutibilidade térmica

de 0,04 w/(m.°C); gesso cartonado com espessura de 0,013 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 w/(m.°C).

Tabela 3.9 - Coeficiente de transmissão térmica da parede interior PI1

PI1	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj (m².°C/W)	
Resistência superficial interior			0,13	
Reboco	0,02	1,3	0,015	
Parede existente em tabique	0,2		0,333	
Lã de rocha	0,06	0,04	1,5	
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,052	
Resistência superficial interior			0,13	
Resistência térmica total - Rtotal (m².°C/W)			2,160	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			0,463	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - Uref [W/(m.°C)]			0,50	Cumpre

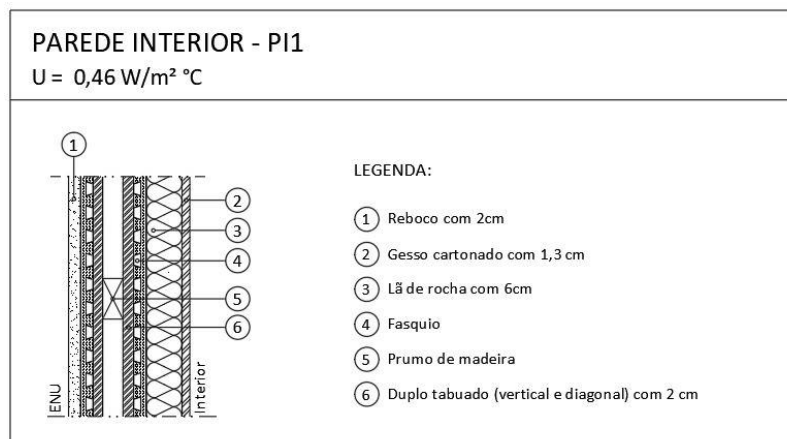


Figura 3.12 - Representação da solução construtiva da parede interior PI1

Elemento do tipo PI2: Parede interior em contacto com edifício adjacente em alvenaria simples de 0,37 m de espessura, constituída (do ENU para o interior) por: alvenaria de granito com espessura de 0,35 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2 w/(m.°C); reboco com espessura de 0,02 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 w/(m.°C).

Tabela 3.10 - Coeficiente de transmissão térmica da parede interior PI2

PI2	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj (m ² .°C/W)	
Resistência superficial interior			0,13	
Alvenaria de granito	0,35	2	0,175	
Reboco	0,2	1,3	0,015	
Resistência superficial interior			0,13	
Resistência térmica total - Rtotal (m ² .°C/W)			0,45	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			2,22	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - Uref [W/(m.°C)]			0,50	Não cumpre

Este elemento não cumpre a legislação dado que é uma parede existente e perante a impossibilidade de reduzir a área da fração, acabou por se optar por não colocar isolamento térmico. A solução construtiva pode ser observada na figura 3.13.

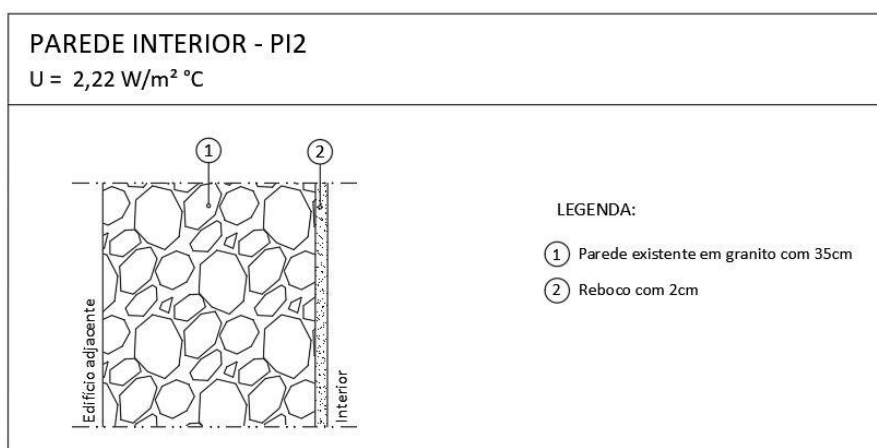


Figura 3.13 - Representação da solução construtiva da parede interior PI2

Elemento do tipo PVI1, ilustrado na figura 3.14: pavimento interior em contacto com serviços e com zona de circulação comum, com isolamento térmico pelo exterior, constituída (do interior para o ENU) por: soalho existente com espessura de 0,02 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,23 w/(m.°C); caixa de ar com espessura de 0,28 m e resistência térmica de 0,23 (m².°C)/W; isolamento em lã de rocha com espessura de 0,08 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,04 w/(m.°C); placa dupla de gesso cartonado com espessura de 0,026 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 w/(m.°C); sonacustic, com espessura de 0,02.

Tabela 3.11 - Coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior PVI1

PVI1	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj ascendente (m ² .°C/W)	Rj descendente (m ² .°C/W)	
Resistência superficial interior			0,10	0,17	
Soalho existente	0,02	0,23	0,087	0,087	
Caixa de ar	0,28		0,23	0,23	
Lã de rocha	0,08	0,04	2	2	
Gesso cartonado	0,026	0,25	0,104	0,104	
Sonacustic	0,02	1,3	0,015	0,015	
Resistência superficial interior			0,10	0,17	
Resistência térmica total - Rtotal (m ² .°C/W)			2,636	2,776	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			0,379	0,360	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - Uref [W/(m.°C)]			0,40	0,40	Cumpre

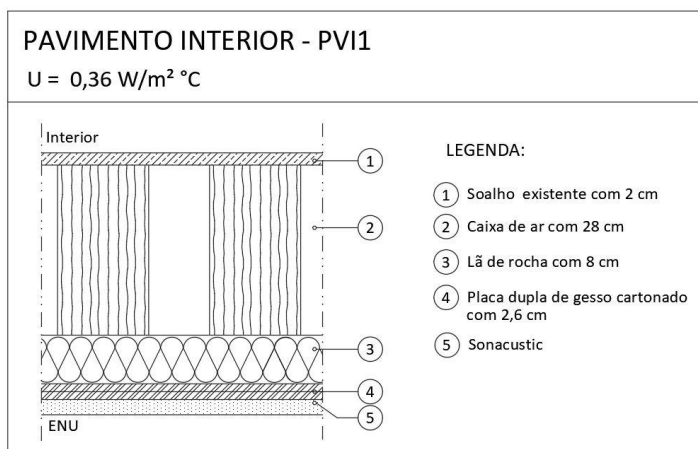


Figura 3.14 - Representação da solução construtiva do pavimento interior PVI1

3.1.3.3 Envolvente envidraçada

A fração é constituída por 6 vãos envidraçados em caixilharia metálica de cor clara, de abrir, composta por vidro duplo com proteção solar interior em portadas opacas de cor clara. A solução escolhida é a mesma para todos os envidraçados e é composta por um vidro SOLARLUX® A 40 com 8 mm de espessura, seguida de uma caixa de ar com 14mm de espessura e um vidro NEUTRALUX® de 8 mm de espessura. Os envidraçados apresentam um coeficiente de condutibilidade térmica de 1,32 W/(m.°C) com um fator solar de 0,21 enquanto que com a proteção solar interior ativa apresentam um fator solar de 0,10.

Os envidraçados em que a área é superior a 5% da área de pavimento do compartimento servido por estes e desde que não sejam orientados a Norte, devem apresentar um fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção 100% ativos que obedeça às seguintes condições:

- Se $A_{env} \leq 15\% A_{pav}$:

$$g_T * F_o * F_f \leq g_{Tmax} \quad (3.3)$$

- Se $A_{env} > 15\% A_{pav}$:

$$g_T * F_o * F_f \leq g_{Tmax} * \frac{0,15}{\frac{A_{env}}{A_{pav}}} \quad (3.4)$$

Onde:

g_T - Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados;

F_o - Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;

F_f - Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício;

g_{Tmax} - Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados;

A_{env} - Soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento [m²];

A_{pav} - Área de pavimento do compartimento servido pelo(s) vão(s) envidraçado(s) [m²].

Tabela 3.12 – Relação entre as áreas de envidraçados e áreas de pavimento

Envidraçados			Pavimento			Observações
Solução	Área (m ²)	Orientação	Área (m ²)	5% * Área (m ²)	15% * Área (m ²)	
VE1	0,97	Oeste	13,52	0,68	2,03	≤15% A_{pav} .
VE2	2,07	Oeste	13,52	0,68	2,03	>15% A_{pav} .
VE3	0,97	Oeste	13,52	0,68	2,03	≤15% A_{pav} .
VE4	2,28	Oeste	21,37	1,07	3,21	≤15% A_{pav} .
VE5	4,10	Oeste	21,37	1,07	3,21	>15% A_{pav} .
VE6	1,80	Este	7,40	0,37	1,11	>15% A_{pav} .

Embora os envidraçados VE1, VE3 e VE4 tenham cada um uma área de envidraçado inferior a 15% da área de pavimento, é importante referir que para efetuar a verificação do fator solar, a área que é comparada com a área de pavimento, é a área de todos os envidraçados que servem o compartimento.

Visto que o edifício se encontra numa zona climática do tipo V2 e possui uma inércia térmica média, através da consulta da tabela 2.16, pode concluir-se que o fator solar global máximo assume um valor de 0,56. De seguida procedeu-se à determinação dos ângulos formados não só por palas verticais como por palas horizontais e respetivos fatores de sombreamento para a estação de aquecimento e de arrefecimento.

Tabela 3.13 - Determinação dos ângulos formados por palas horizontais e verticais

Vão envidraçado	Orientação	$\alpha h^{(1)}$ (°)	α (°)	$\beta_{esq.}$ (°)	$\beta_{dir.}$ (°)	U_{wdn} [W/(m.°C)]	U_{ref} [W/(m.°C)]
VE1	Oeste	45	7	5	42	1,32	2,80
VE2	Oeste	45	7	14	14	1,32	2,80
VE3	Oeste	45	7	44	5	1,32	2,80
VE4	Oeste	45	7	0	28	1,32	2,80
VE5	Oeste	45	7	8	8	1,32	2,80
VE6	Este	45	60	81	78	1,32	2,80

⁽¹⁾ $\alpha h = 45$, devido ao edifício se encontrar no interior de uma zona urbana, rodeado por obstáculos de grande altura.

Tabela 3.14 - Fatores de sombreamento de elementos horizontais e verticais nas estações de aquecimento e arrefecimento

Vão envidraçado	F_o			F_f		
	Aquecimento	Arrefecimento	Final	Aquecimento	Arrefecimento	Final
VE1	0,99	0,94	0,97	0,98	0,92	0,90
VE2	0,99	0,94	0,97	0,94	0,96	0,90
VE3	0,99	0,94	0,97	0,80	0,92	0,74
VE4	0,99	0,94	0,97	1	0,96	0,96
VE5	0,99	0,94	0,97	0,97	0,98	0,95
VE6	0,64	0,55	0,60	0,72	0,84	0,60

Determinados os fatores de sombreamento, procedeu-se à verificação do fator solar global dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção solar 100% ativos, como pode ser observado na tabela a seguir.

Tabela 3.15 - Verificação do fator solar global dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção 100% ativos

Vão envidraçado	g_T	F_o	F_f	g_{Tmax}	Verificação $g_T * F_o * F_f \leq g_{Tmax} * \frac{0,15}{\frac{A_{env}}{A_{pav}}}$
VE1	0,10	0,97	0,90	0,56	$0,09 \leq 0,29$
VE2	0,10	0,97	0,74	0,56	$0,09 \leq 0,29$
VE3	0,10	0,97	0,96	0,56	$0,07 \leq 0,29$
VE4	0,10	0,97	0,90	0,56	$0,09 \leq 0,29$
VE5	0,10	0,97	0,95	0,56	$0,09 \leq 0,29$
VE6	0,10	0,60	0,60	0,56	$0,04 \leq 0,29$

Mesmo tendo em conta que se teria de optar por envidraçados semelhantes aos originais em termos arquitetónicos e a inviabilidade de colocar dispositivos de proteção solar exterior devido à obrigação de manter a traça do edifício, pode-se verificar que escolhendo um envidraçado com um fator solar bastante reduzido aliado à utilização de uma proteção solar interior é possível cumprir todos os requisitos regulamentares, embora seja necessário um investimento maior face ao necessário caso o edifício possua proteções solares exteriores e palas de sombreamento.

3.1.4 Inércia Térmica

É possível determinar a inércia térmica do edifício com recurso a uma análise da massa superficial útil (Msi) das várias soluções construtivas, das áreas em contacto com o volume útil e de um fator de redução de massa superficial (normalmente utiliza-se um valor unitário), permitindo assim caracterizar a capacidade de resistência de alterações térmicas no interior do edifício, estando a mesma dividida em 3 classes como referido anteriormente.

Como foi possível reunir todas as informações necessárias ao cálculo da inércia, apresenta-se na tabela 3.16 os resultados que permitem determinar a classe de inércia térmica.

Tabela 3.16 - Cálculo da inércia térmica

Tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi (kg/m ²)	r	A * Msi * r (kg)
PE1	15,63	1539	150	1	2344,52
PE2	4,98	13	13	1	64,75
COBE1	17,35	449	150	1	2602,50
PI1	27,09	13	13	1	352,12
PI2	25,74	945	150	1	3860,63
PVI1	42,29	17,40	17,40	1	735,85
Pavimento em contacto com fração autónoma	25,80	26	26	1	670,80
Parede em contacto com fração autónoma	0,53	13	13	1	6,89
Paredes de compartimentação	1,57	13	13	1	20,41
$\Sigma A * Msi * r$					10658,35
A_p (m ²)					42,29
I_t (kg/m ²)					252,03

Através da consulta da tabela 2.15, anteriormente apresentada, é possível concluir que a fração apresenta uma inércia térmica média.

3.1.5 Pontes térmicas lineares

As trocas de calor entre o exterior e o interior tendem a ocorrer através de pontes térmicas lineares, sendo que estas trocas levam na maior parte das vezes a elevados gradientes de temperatura causados por uma concentração dos fluxos de calor. Estas ocorrem nas ligações entre os vários elementos da construção onde ocorre uma variação do fluxo de calor, provocando uma diminuição das temperaturas superficiais que podem desta forma provocar condensações superficiais caso não exista uma correta ventilação e climatização dos espaços. De seguida são identificadas as pontes térmicas lineares exteriores e interiores calculadas através das regras de simplificação presentes na tabela 2.8 apresentada anteriormente.

Tabela 3.17 - Pontes térmicas lineares exteriores e interiores. Fonte: ITECons

Tipo de ligação	B_{exterior}	B_{interior}	Ψ	Ψ_{ref}	Pormenor construtivo
Fachada com cobertura	7,33	-	0,7	0,5	
Fachada com pavimento intermédio	1,91	8,47	0,7	0,5	
Fachada com caixilharia	36,14	-	0,3	0,2	
Fachada com pavimento sobre o ENU	9,24	8,47	0,7	0,5	
Duas paredes verticais em ângulo saliente	1,78	5,33	0,5	0,4	

3.1.6 Renovação de ar

É imperativo criar condições para uma eficiente renovação do ar no interior do edifício, garantindo um ambiente adequado à permanência de pessoas e ao desenvolvimento das diversas atividades, assim como dotar a cozinha, instalações sanitárias e compartimentos interiores de uma conveniente renovação de ar, de modo a garantir as condições de higiene indispensáveis, evitando a migração de fumos e odores para os restantes compartimentos das habitações e/ou para frações adjacentes.

Para se proceder ao cálculo da taxa de renovação de ar foram considerados os seguintes dados relativos à localização da fração:

- Região A;
- Rugosidade I;
- Altitude do local de 94m;
- 2 fachadas expostas ao exterior;
- Altura do edifício de 13,77m;
- Altura da fração de 10,63m;
- Altura do obstáculo situado em frente de 18m;
- 13m de distância ao obstáculo referido

Devido às necessidades de ventilação foi prevista a instalação de grelhas auto-reguláveis do tipo Soler & Palau EC-Hy, representadas na figura 3.15, permitindo uma admissão de ar nas fachadas de 135m³/h. Existe ainda uma conduta de ventilação natural nas instalações sanitárias.



Figura 3.15 - Grelhas auto-reguláveis. Fonte: Soler&Palau

O valor respeitante à ventilação é retirado da folha de cálculo da ventilação do LNEC, a qual se encontra devidamente preenchida no anexo I, tendo se chegado a um valor de 0,42 R_{ph} que satisfaz os requisitos mínimos regulamentares de 0,40 R_{ph} .

3.1.7 Preparação de águas quentes sanitárias

De acordo com o projeto de redes de abastecimento de água, o aquecimento de águas quentes sanitárias é efetuado com recurso a um termoacumulador elétrico da marca Vulcano, modelo NaturaAqua ES100 com capacidade para 100litros tendo uma potência térmica estimada em 2kW e uma eficiência energética de 95%. O equipamento encontra-se representado na figura 3.16.



Figura 3.16 - Termoacumulador elétrico. Fonte: Vulcano

O edifício em questão está enquadrado no Art. 29º do Dec-Lei nº 118/2013, não sendo viável a instalação de uma fonte de energia renovável, nomeadamente painéis solares para preparação de águas quentes sanitárias, visto que o imóvel se encontra numa zona muito sombreada por edifícios em redor.

3.1.8 Determinação da classe energética

Com recurso à folha de cálculo do REH desenvolvida pelo ITeCons, determinou-se as necessidades nominais energéticas da fração para se determinar qual a sua classificação energética. Todos os cálculos auxiliares podem ser consultados no anexo II.

Tabela 3.18 - Indicadores energéticos

	Valores calculados	Valores de referência
Nic (kWh/m ² .ano)	105,65	74,58
Nvc (kWh/m ² .ano)	4,89	9,13
Qa (kWh/ano)	1189	1189
Ntc (kWh/m ² .ano)	346,32	268,04

Como referido anteriormente, através da fórmula (2.1) procede-se ao cálculo do rácio entre o valor das necessidades nominais de energia primária e o valor limite regulamentar para as necessidades de energia primária:

$$R_{Nt} = \frac{346,32}{268,04} = 1,29 \tag{3.5}$$

Através da figura 3.17 pode-se observar que a fração apresenta uma classe energética C dado que tem um rácio entre os 101 e os 150%, estando dentro dos limites regulamentares estabelecidos para edifícios sujeitos a grandes intervenções.

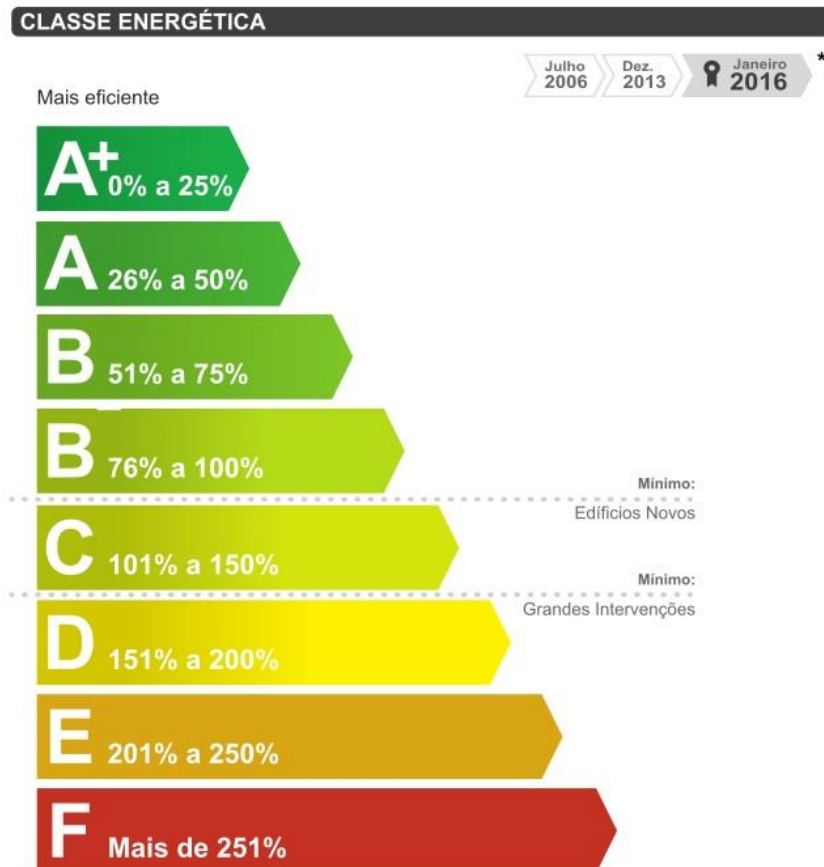


Figura 3.17 - Classificação energética. Fonte: ADENE

3.1.9 Medidas de melhoria

Tendo em conta que não seria aconselhável proceder a colocação de isolamento térmico na parede exterior orientada a Oeste e na parede em contacto com o edifício adjacente devido às alterações de inércia térmica, conclui-se que pode haver uma melhoria da classe energética ao aplicar o conjunto seguinte de medidas:

- Instalação de sistema de ar condicionado multi-split, reversível (bomba de calor), com classe energética A, composto por 2 unidades interiores do tipo mural, instaladas no quarto e na sala da fração, e uma unidade exterior com potência térmica para arrefecimento de 3,0 kW e para aquecimento de 4,0 kW, com eficiência em modo de arrefecimento (EER) de 4,97 e aquecimento (COP) de 4,65. Distribuição de fluído refrigerante em tubagem cobre isolada 10mm. O controlo do equipamento seria realizado através de comando manual;
- Instalação de um sistema de duche com certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior.

Com recurso à mesma folha de cálculo, foi calculada a nova classificação energética da fração, permitindo saber qual a redução anual da fatura energética face ao possível investimento na aplicação de cada medida.

A instalação do sistema de ar condicionado referido tem um custo aproximado de 2000€, permitindo uma redução anual da fatura energética em cerca de 665€ e um retorno face ao investimento efetuado de 3 anos, o que se reflete nos indicadores energéticos:

Tabela 3.19 - Indicadores energéticos relativos à implementação de um sistema multi-split

	Valores calculados	Valores de referência
Nic (kWh/m ² .ano)	106,05	73,36
Nvc (kWh/m ² .ano)	4,77	9,13
Qa (kWh/ano)	1189	1189
Ntc (kWh/m ² .ano)	138,96	135,51

$$R_{Nt} = \frac{138,96}{135,51} = 1,03 \quad (3.6)$$

A classificação continua a ser C, mas apresenta uma melhoria significativa do valor de R_{Nt} comparativamente à solução inicial.

A instalação de um sistema de duche mais eficiente abrange uma variedade elevada de modelos aos quais estão associados uma gama de custos, tendo neste caso sido escolhido para o cálculo um sistema com

um custo de 75€ para uma redução anua da fatura energética em cerca de 70€ o que significa um período de retorno de aproximadamente 1 ano. Podem ser observados de seguida os valores relativos aos indicadores energéticos:

Tabela 3.20 - Indicadores energéticos relativos à instalação de um sistema de chuveiro mais eficiente

	Valores calculados	Valores de referência
Nic (kWh/m ² .ano)	105,65	74,58
Nvc (kWh/m ² .ano)	4,89	9,13
Qa (kWh/ano)	1070	1189
Ntc (kWh/m ² .ano)	338,10	268,04

$$R_{Nt} = \frac{338,10}{268,04} = 1,26 \quad (3.7)$$

A classificação reduz um pouco relativamente à solução inicial.

De seguida fez-se o cálculo tendo em conta ambas as medidas implementadas e face a um investimento total de 2075€, existe uma redução anual da fatura energética de cerca de 685€ e um retorno financeiro ao fim de 3 anos, assegurando uma melhoria relativamente aos indicadores energéticos e consequente classificação energética. Todos os cálculos podem ser consultados no anexo III.

Tabela 3.21 - Indicadores energéticos relativos à implementação de ambas as medidas de melhoria

	Valores calculados	Valores de referência
Nic (kWh/m ² .ano)	106,05	73,36
Nvc (kWh/m ² .ano)	4,77	9,13
Qa (kWh/ano)	1070	1189
Ntc (kWh/m ² .ano)	130,74	135,51

$$R_{Nt} = \frac{130,74}{135,51} = 0,97 \quad (3.8)$$

Com ambas as medidas de melhoria implementadas pode-se observar que a classificação energética da fração passa a ser B.

3.2 FRAÇÃO H - SERVIÇOS

A fração H, com uma tipologia de restaurante e ilustrada na figura 3.18, tem a sua fachada orientada a oeste e está localizada no piso 0 e no piso 1 do edifício em estudo. A fração é composta por hall de entrada, caixa de escadas, salas de refeição, arrumos, cozinhas e instalações sanitárias, perfazendo um total de 456,28 m². A fração possui um pavimento térreo, confronta acima com várias frações de habitação e lateralmente com o exterior, com zona de circulação comum e com o edifício adjacente. A ventilação é efetuada de forma mecânica com insuflação de ar novo através de diversas unidades de ventilação de ar novo (VAN), a extração de ar viciado é conseguida por intermédio de um ventilador de extração das instalações sanitárias (VEIS) e por um ventilador de extração geral (VE). Para a climatização da fração preconizou-se a instalação de sistemas de expansão direta, do tipo Split, constituídos por quatro unidades exteriores e quatro unidades interiores do tipo não carroçadas, de conduta, com capacidades de aquecimento e arrefecimento de acordo com o espaço a climatizar. Através da permuta térmica entre o fluido refrigerante (fréon) e o ar ambiente, as unidades de climatização efetuarão a correção de temperatura do espaço, assegurando assim as condições adequadas de conforto e salubridade necessárias. De referir ainda que a preparação de AQS é efetuada com recurso a um termoacumulador elétrico.



Figura 3.18 - Marcação da fachada da fração H

Nas figuras 3.19 e 3.20 podem ser observadas as plantas de cada piso relativas à fração em análise.

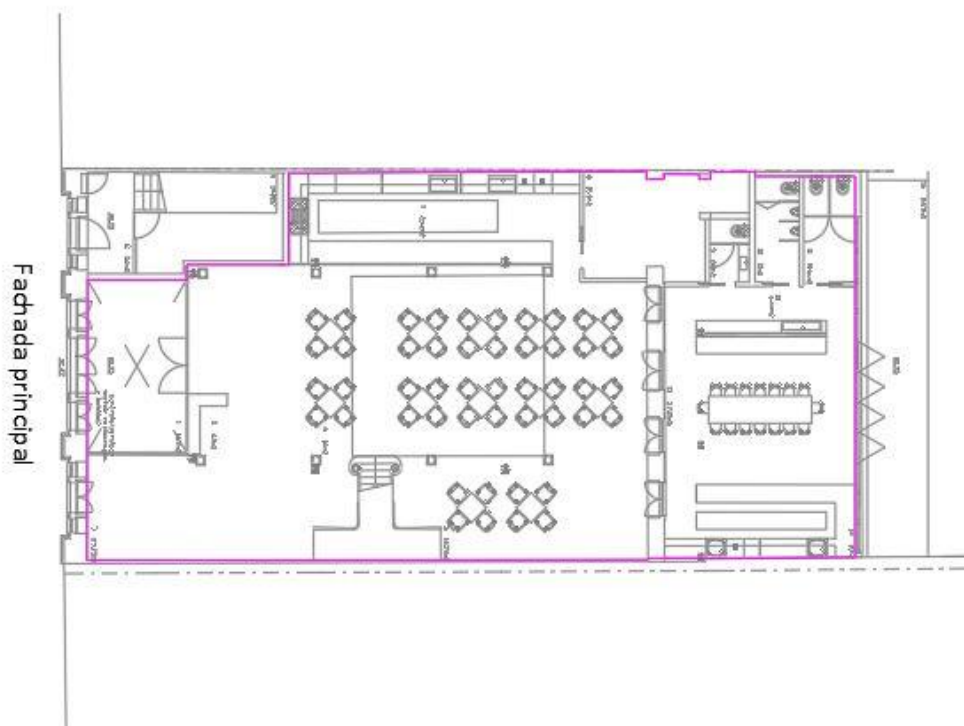


Figura 3.19 - Planta arquitetônica do piso 0 da fração H

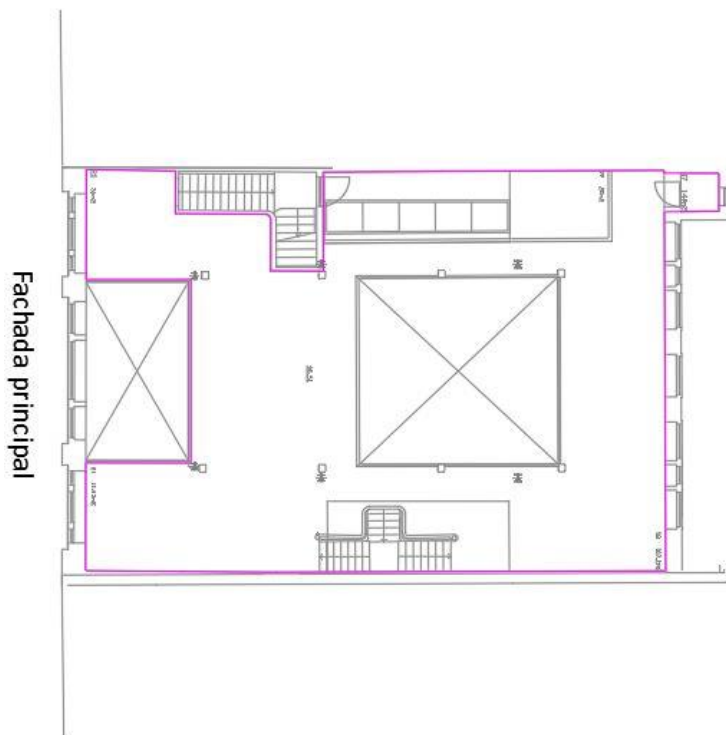


Figura 3.20 - Planta arquitetônica do piso 1 da fração H

3.2.1 Dados climáticos

Esta fração localiza-se no mesmo edifício que a anterior referida neste caso de estudo, logo os dados climáticos são os mesmos. No entanto, decidiu-se proceder à determinação das zonas climáticas com recurso à folha de cálculo de dados climáticos do LNEG, tendo-se determinado que o edifício se encontra numa zona climática do tipo I1-V2. No anexo IV pode ser consultada a folha de cálculo com os valores obtidos.

Visto que se trata de uma simulação dinâmica multizona, para que o cálculo seja o mais aproximado da realidade possível é necessário introduzir os dados climáticos da localização da fração no programa de simulação utilizado. Após uma correta exportação dos valores obtidos da folha de cálculo dos dados climáticos para o Trace700, é necessário associar esses valores a uma estação meteorológica. Embora a fração esteja situada no centro do Porto, no programa utilizado apenas aparecem duas localizações disponíveis sendo elas a Serra do Pilar e Pedras Rubras. Dado a maior proximidade da localização, foram utilizados os dados relativos à Serra do Pilar, sendo os dados fornecidos através da norma ASHRAE como pode ser visto na figura 3.21, enquanto que na figura 3.22 podem ser observados com maior pormenor os dados para cada dia do ano para a referida localização.

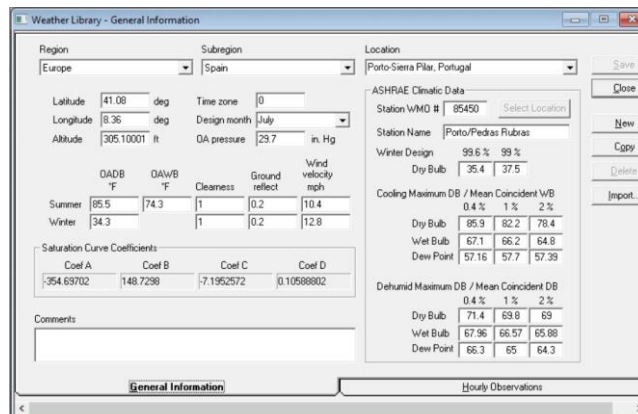


Figura 3.21 - Dados climáticos

Month	Hour	Outdoor Air Dry Bulb °F	Outdoor Air Wet Bulb °F	Humidity Ratio gr/lb	Cloud Cover Modifier	Wind Speed mph	Barometric Pressure in. Hg
December	3	47.12	47.12	44.66	0.6	15.211	29.825
December	4	46.76	46.58	43.89	0.6	15.211	29.825
December	5	46.58	46.4	43.61	0.6	15.211	29.825
December	6	46.94	46.76	44.17	0.6	15.211	29.825
December	7	47.66	47.48	45.5	0.6	15.211	29.825
December	8	48.92	48.92	48.09	0.6	15.211	29.825
December	9	50.9	50.36	52.22	0.6	15.211	29.825
December	10	53.24	51.25	53.41	0.6	15.211	29.825
December	11	55.76	52.34	53.41	0.6	15.211	29.825
December	12	58.28	53.42	53.41	0.6	15.211	29.825
December	13	60.08	54.14	53.41	0.6	15.211	29.825
December	14	61.16	54.68	53.41	0.6	15.211	29.825
December	15	61.7	54.86	53.41	0.6	15.211	29.825
December	16	61.16	54.68	53.41	0.6	15.211	29.825
December	17	60.26	54.32	53.41	0.6	15.211	29.825
December	18	58.46	53.6	53.41	0.6	15.211	29.825
December	19	56.48	52.7	53.41	0.6	15.211	29.825
December	20	54.68	51.98	53.41	0.6	15.211	29.825

Figura 3.22 - Dados meteorológicos diários para cada mês do ano

3.2.2 Zonas térmicas e tipologias definidas

Na tabela a seguir estão definidas as zonas térmicas e tipologias de cada espaço da fração, tendo sido considerados todos os espaços como sendo úteis, à exceção dos arrumos e da sala de máquinas situados no piso 1 que são espaços complementares do tipo B. A cozinha e a despensa são espaços complementares do tipo A.

Tabela 3.22 - Zonas térmicas e tipologias definidas

Espaços da fração	Piso	Área (m ²)	Pé direito (m)	Volume (m ³)
1-Hall de entrada	0	18,71	6,55	122,50
2-Sala de refeições	0	150,83	4,92	742,09
3-Caixa de escadas	0	7,57	6,55	49,59
4-Cozinha	0	29,01	3,28	95,16
5-Despensa	0	15,75	3,28	51,65
6-Instalações sanitárias	0	2,72	3,28	8,92
7-Instalações sanitárias masculinas	0	5,09	3,28	16,69
8-Instalações sanitárias femininas	0	5,96	3,28	19,56
9-Sala de festas	0	56,32	3,28	184,73
10-Sala de refeições	1	147,06	2,79	410,30
11-Arrumos	1	1,49	2,79	4,15
12-Sala de máquinas	1	29,01	2,79	80,94
Área térmica		439,02	3,88	1701,21
Área pavimento		469,52	3,80	1786,31

Nas figuras 3.23 e 3.24 podem ser observados os espaços da fração devidamente assinalados e identificados de acordo com a tabela 3.22.

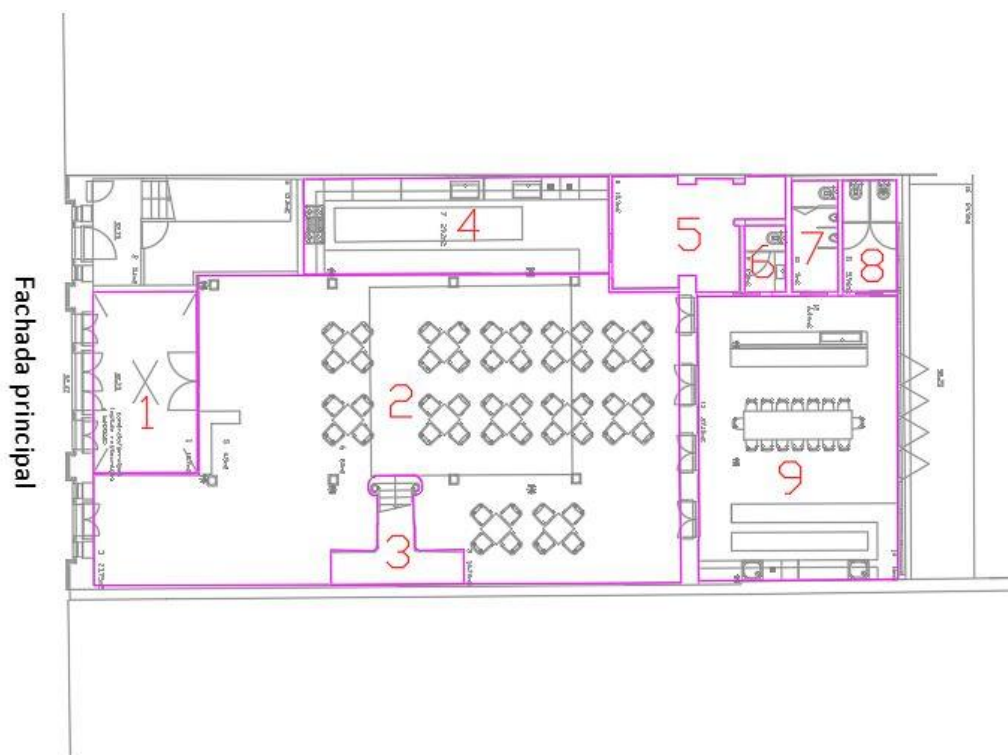


Figura 3.23 - Identificação dos espaços do piso 0

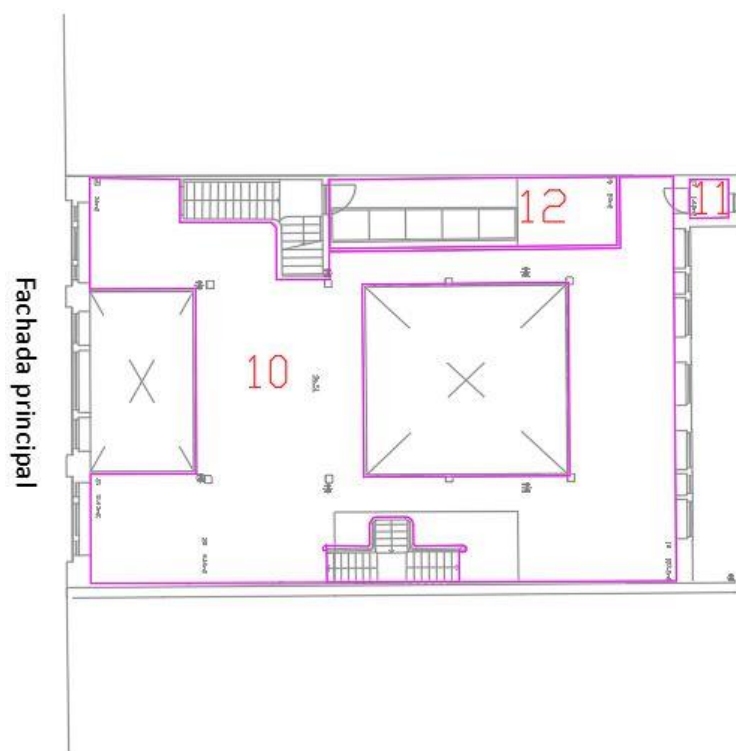
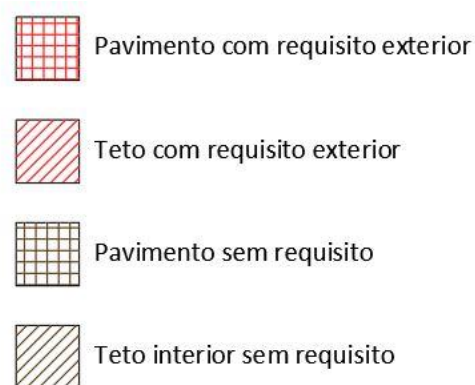


Figura 3.24 - Identificação dos espaços do piso 1

3.2.3 Caracterização das envolventes

Como referido anteriormente, este processo é fundamental da determinação das necessidades energéticas de um edifício. Ao contrário do que é utilizado nas frações de habitação, no caso de frações de serviços, todas as envolventes que não sejam em contacto com o exterior são representadas pela cor castanha independentemente dos coeficientes de redução de perdas a elas associados. A legenda da marcação de envolventes está evidenciada na figura 3.25.





LEGENDA :	
	- Envolvente com requisito de exterior
	- Envolvente sem requisitos

Figura 3.25 - Legenda representativa da marcação de envolventes

De seguida nas figuras 3.26 e 3.27 pode observar-se a marcação de envolventes e requisitos dos pavimentos dos pisos 0 e 1 respetivamente.

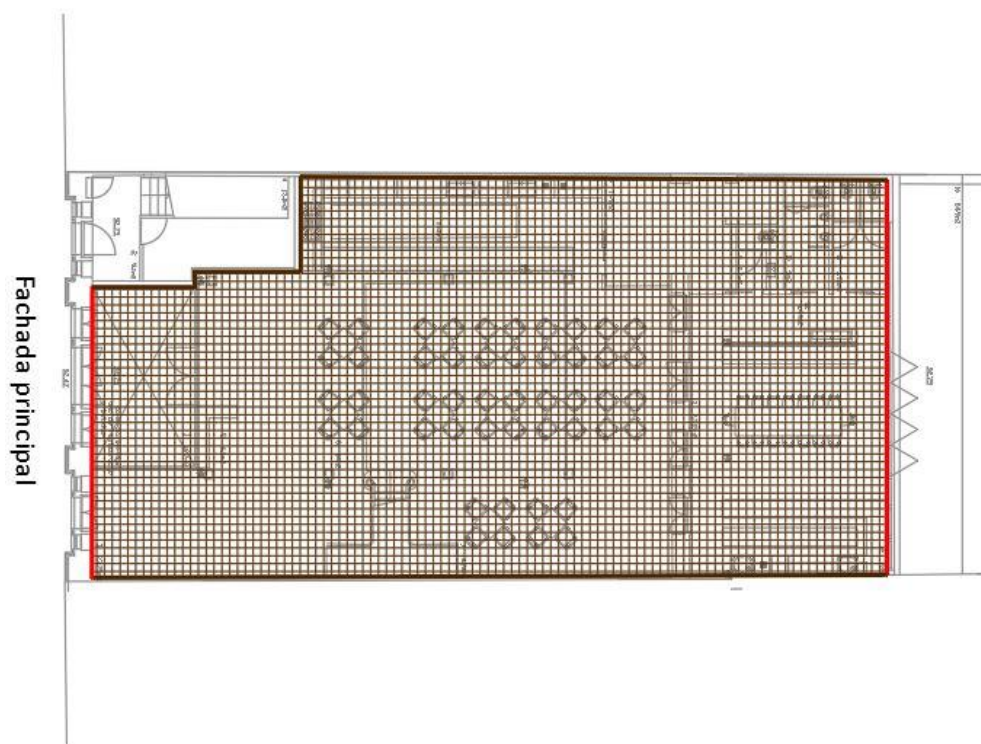


Figura 3.26 - Planta do piso 0 com a marcação das envolventes e requisitos dos pavimentos

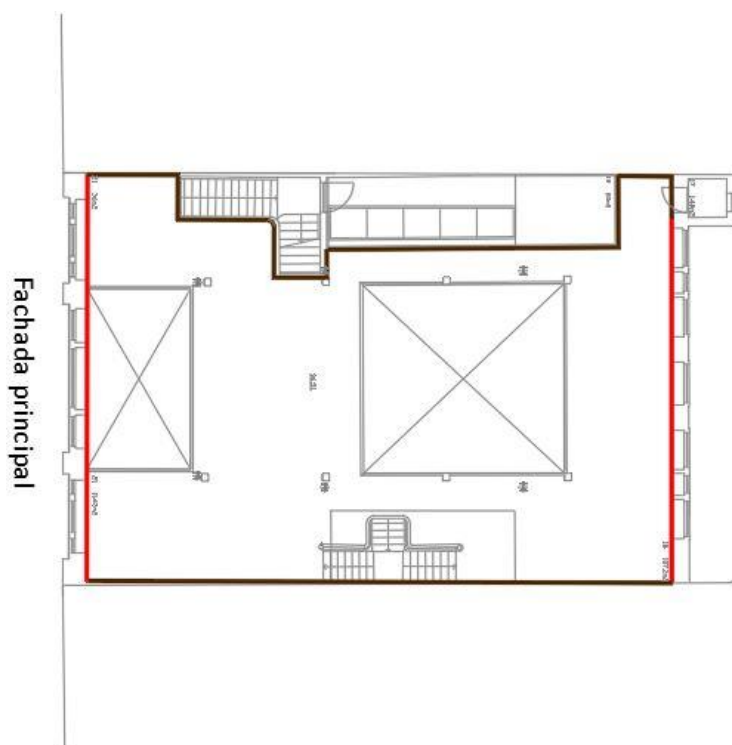


Figura 3.27 - Planta do piso 1 com a marcação das envolventes e requisitos dos pavimentos

Em relação aos requisitos térmicos dos tetos do piso 0 e do piso 1, estes podem ser observados nas figuras 3.28 e 3.29.

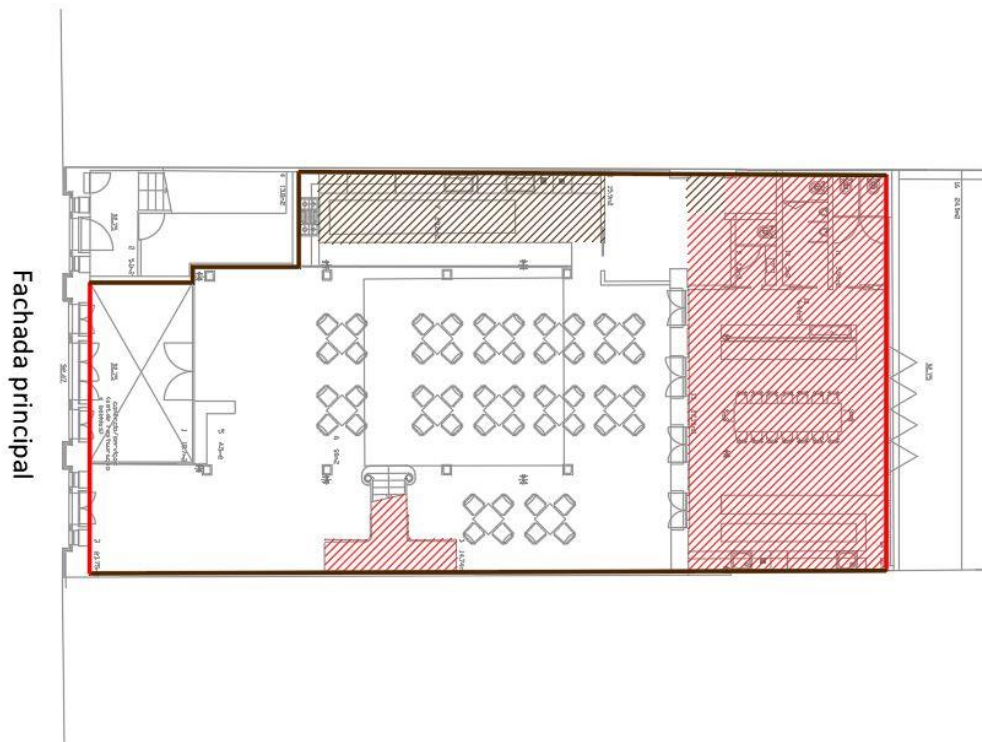


Figura 3.28 - Planta do piso 0 com a marcação das envolventes e requisitos dos tetos

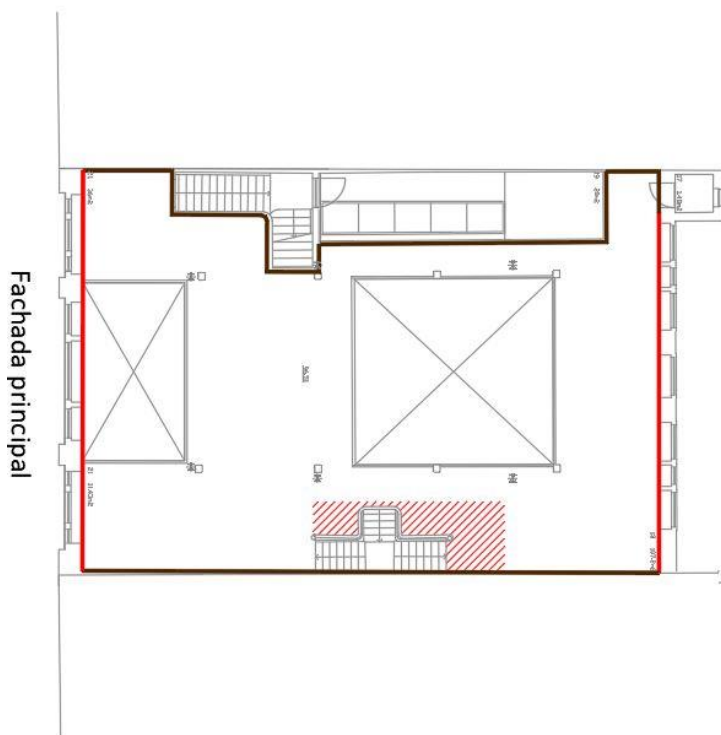


Figura 3.29 - Planta do piso 1 com a marcação das envolventes e requisitos dos tetos

Visto que se trata de uma fração a ser alvo de uma grande intervenção e como já foi demonstrado o cálculo dos “btr” na fração de habitação presente neste caso de estudo, optou-se por uma simplificação tendo sido usados valores de “btr” de 0,6 para envoltentes em contacto com edifícios adjacentes e “btr” de 0,8 para envoltentes em contacto com os espaços não úteis.

De seguida procedeu-se ao cálculo das temperaturas exteriores de projeto associadas aos “btr” determinados. Para a localização definida e para uma probabilidade acumulada de ocorrência de 2,5% a temperatura exterior de projeto de inverno é de 1,3°C enquanto que a temperatura exterior de projeto de verão é de 29,7°C.

$$T_{inverno} = -[(20 - 1,3) * btr] + 20 \quad (3.9)$$

$$T_{verão} = -[(25 - 29,7) * btr] + 25 \quad (3.10)$$

Através das expressões acima é possível chegar aos valores representados na tabela 3.23.

Tabela 3.23 - Determinação das temperaturas exteriores de projeto

	btr	T _{inverno} (°C)	T _{verão} (°C)
ENU	0,8	5,04	28,76
Edifício Adjacente	0,6	8,78	27,82

3.2.4 Verificação de requisitos mínimos de qualidade das envoltentes

Como referido anteriormente, este edifício está sujeito a uma grande intervenção tendo sido necessário calcular os coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente como será demonstrado de seguida.

3.2.4.1 Envoltente opaca exterior

Elemento do tipo PE1, representado na figura 3.9: Parede exterior simples em alvenaria de granito, orientada a Oeste, constituída (do exterior para o interior) por pedra natural de granito com espessura de 0,57 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,8 W/(m.°C); reboco com espessura de 0,02 m e condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.°C).

Tabela 3.24 - Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior PE1

PE1	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj (m ² .°C/W)	
Resistência superficial exterior			0,04	
Alvenaria de granito existente	0,57	2,8	0,204	
Reboco	0,02	1,3	0,015	
Resistência superficial interior			0,13	
Resistência térmica total - R _{total} (m ² .°C/W)			0,389	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			2,571	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - U _{ref} [W/(m.°C)]			0,70	Não cumpre

Elemento do tipo PE2, representado na figura 3.30: Parede exterior simples em alvenaria de granito, orientada a Este, constituída (do exterior para o interior) por pedra natural de granito com espessura de 0,52 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2,8 W/(m.°C); reboco com espessura de 0,02 m e condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.°C).

Tabela 3.25 - Cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior PE2

PE2	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj (m ² .°C/W)	
Resistência superficial exterior			0,04	
Alvenaria de granito existente	0,52	2,8	0,186	
Reboco	0,02	1,3	0,015	
Resistência superficial interior			0,13	
Resistência térmica total - R _{total} (m ² .°C/W)			0,371	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			2,695	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - U _{ref} [W/(m.°C)]			0,70	Não cumpre

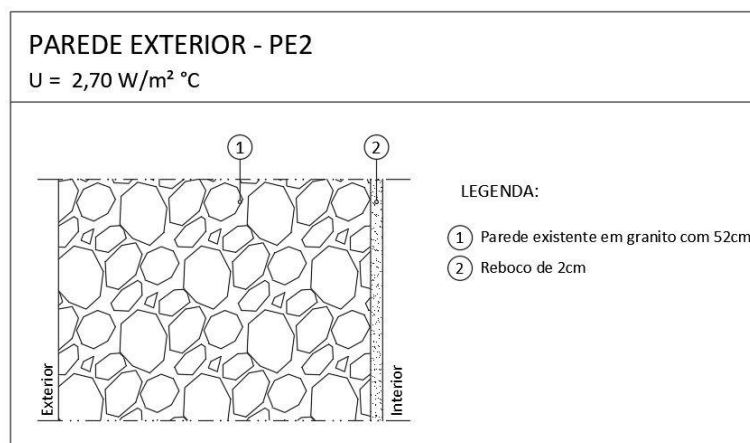


Figura 3.30 - Representação da solução construtiva da parede exterior PE2

Tanto o elemento PE1 como o elemento PE2 não cumprem os requisitos mínimos regulamentares devido à impossibilidade de colocar isolamento térmico pelo exterior pelas mesmas razões apresentadas no caso de estudo referente à fração A.

Elemento do tipo COBE1, ilustrado na figura 3.31: Cobertura exterior, com isolamento térmico pelo exterior, constituída (do exterior para o interior) por: terra vegetal e manta geotêxtil (desprezáveis); isolamento em poliestireno expandido extrudido com espessura de 0,08 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 w/(m.°C); sistema de impermeabilização; betonilha de pendente de betão celular com espessura de 0,07 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,18 w/(m.°C); laje em betão com espessura de 0,14 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2 w/(m.°C); gesso cartonado com espessura de 0,013 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 w/(m.°C).

Tabela 3.26 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura exterior COBE1

COBE1	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj ascendente (m ² .°C/W)	Rj descendente (m ² .°C/W)	
Resistência superficial exterior			0,04	0,04	
Terra vegetal					
Manta geotextil					
XPS	0,08	0,037	2,162	2,162	
Tela de impermeabilização					
Betonilha de pendente de betão celular	0,07	0,18	0,389	0,389	
Laje de betão	0,14	2	0,070	0,070	
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,052	0,052	
Resistência superficial interior			0,10	0,17	
Resistência térmica total - R _{total} (m ² .°C/W)			2,813	2,883	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			0,355	0,347	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - U _{ref} [W/(m.°C)]			0,50	0,50	Cumpre

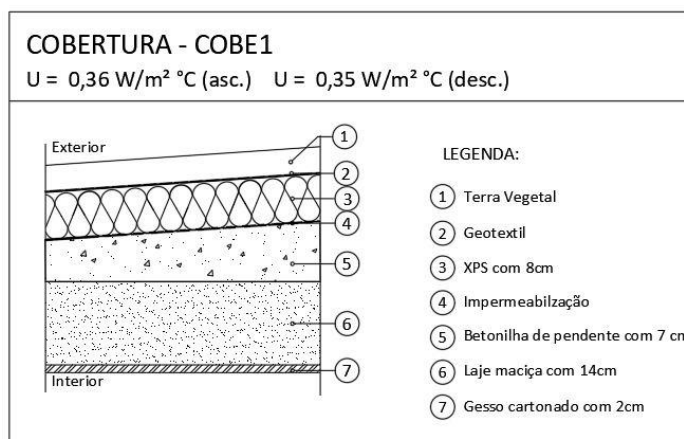


Figura 3.31 - Representação da solução construtiva da cobertura exterior COBE1

3.2.4.2 Envolvente opaca interior

Elemento do tipo PI1, ilustrado na figura 3.12: Parede interior em contacto com zona de circulação comum e com sala de máquinas em alvenaria simples de 0,293 m de espessura, com isolamento térmico pelo interior constituída (do ENU para o interior) por: reboco com espessura de 0,02 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 w/(m.°C); parede existente em tabique com espessura de 0,2 m e resistência térmica de 0,333 (m². °C)/W; isolamento térmico em lã de rocha com espessura de 0,06 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,04 w/(m.°C); gesso cartonado com espessura de 0,013 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 w/(m.°C).

Tabela 3.27 - Coeficiente de transmissão térmica da parede interior PI1

PI1	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj (m ² .°C/W)	
Resistência superficial interior			0,13	
Reboco	0,02	1,3	0,015	
Parede existente em tabique	0,2		0,333	
Lã de rocha	0,06	0,04	1,5	
Gesso cartonado	0,013	0,25	0,052	
Resistência superficial interior			0,13	
Resistência térmica total - Rtotal (m ² .°C/W)			2,16	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			0,463	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - Uref [W/(m.°C)]			0,70	Cumpre

Elemento do tipo PI2, representada na figura 3.13: Parede interior em contacto com edifício adjacente em alvenaria simples de 0,37 m de espessura, constituída (do ENU para o interior) por: alvenaria de granito com espessura de 0,35 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2 w/(m.°C); reboco com espessura de 0,02 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 w/(m.°C).

Tabela 3.28 - Coeficiente de transmissão térmica da parede interior PI2

PI2	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj (m ² .°C/W)	
Resistência superficial interior			0,13	
Alvenaria de granito	0,35	2	0,175	
Reboco	0,2	1,3	0,015	
Resistência superficial interior			0,13	
Resistência térmica total - Rtotal (m ² .°C/W)			0,45	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			2,22	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - Uref [W/(m.°C)]			0,70	Não cumpre

Elemento do tipo PI3, representada na figura 3.32: Parede interior em contacto com arrumos em alvenaria simples de 0,54 m de espessura, constituída (do ENU para o interior) por: alvenaria de granito com espessura de 0,52 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2 w/(m.°C); reboco com espessura de 0,02 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 w/(m.°C).

Tabela 3.29 - Coeficiente de transmissão térmica da parede interior PI3

PI3	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj (m ² .°C/W)	
Resistência superficial interior			0,13	
Alvenaria de granito	0,52	2	0,260	
Reboco	0,2	1,3	0,015	
Resistência superficial interior			0,13	
Resistência térmica total - Rtotal (m ² .°C/W)			0,535	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			1,868	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - Uref [W/(m.°C)]			0,70	Não cumpre

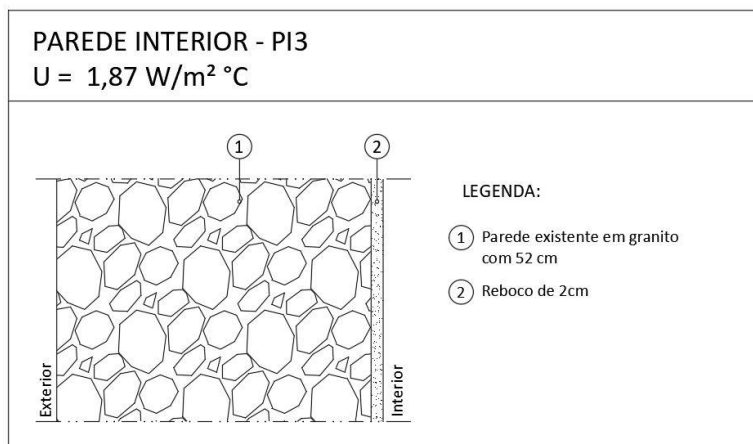


Figura 3.31 - Representação da solução construtiva da parede interior PI3

Elemento do tipo COBI1: Cobertura interior em contacto com a sala das máquinas e os arrumos situados no piso 1 da fração de serviços, sendo o esquema representativo idêntico ao do pavimento interior da fração A representado na figura 3.14, com isolamento térmico pelo interior, constituída (da habitação para a fração de serviços) por: soalho existente com espessura de 0,02 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,23 w/(m.°C); caixa de ar com espessura de 0,28 m e resistência térmica de 0,23 (m².°C)/W; isolamento em lã de rocha com espessura de 0,08 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,04 w/(m.°C); placa dupla de gesso cartonado com espessura de 0,026 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,25 w/(m.°C); sonacustic, com espessura de 0,02.

Tabela 3.30 - Coeficiente de transmissão térmica da cobertura interior COBI1

COBI1	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj ascendente (m².°C/W)	Rj descendente (m².°C/W)	
Resistência superficial interior			0,10	0,17	
Soalho existente	0,02	0,23	0,087	0,087	
Caixa de ar	0,28		0,23	0,23	
Lã de rocha	0,08	0,04	2	2	
Gesso cartonado	0,026	0,25	0,104	0,104	
Sonacustic	0,02	1,3	0,015	0,015	
Resistência superficial interior			0,10	0,17	
Resistência térmica total - Rtotal (m².°C/W)			2,636	2,776	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			0,379	0,360	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - Uref [W/(m.°C)]			0,50	0,50	Cumpre

Elemento do tipo PVT1, representado na figura 3.32: Pavimento térreo, com isolamento térmico pelo exterior, constituída (do interior para o solo) por: cerâmico com espessura de 0,02 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.°C); laje maciça com espessura de 0,15 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 2 W/(m.°C); isolamento em poliestireno expandido extrudido com espessura de 0,04 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C); betonilha de regularização com espessura de 0,03 m e coeficiente de condutibilidade térmica de 0,33 W/m°C.

Tabela 3.31 - Coeficiente de transmissão térmica do pavimento térreo PVT1

PVT1	Espessura (m)	U [W/(m.°C)]	Rj (m².°C/W)	
Cerâmico	0,02	1,3	0,015	
Laje maciça	0,15	2	0,075	
XPS	0,04	0,037	1,081	
Betonilha de regularização	0,03	0,33	0,091	
Resistência térmica total - Rtotal (m².°C/W)			1,262	
Coeficiente de transmissão térmica - U [W/(m.°C)]			0,792	
Coeficiente de transmissão térmica corrigido – U _{corrigido} [W/(m.°C)]			0,31	Verificação
Coeficiente de transmissão térmica de referência - Uref [W/(m.°C)]			0,50	Não cumpre

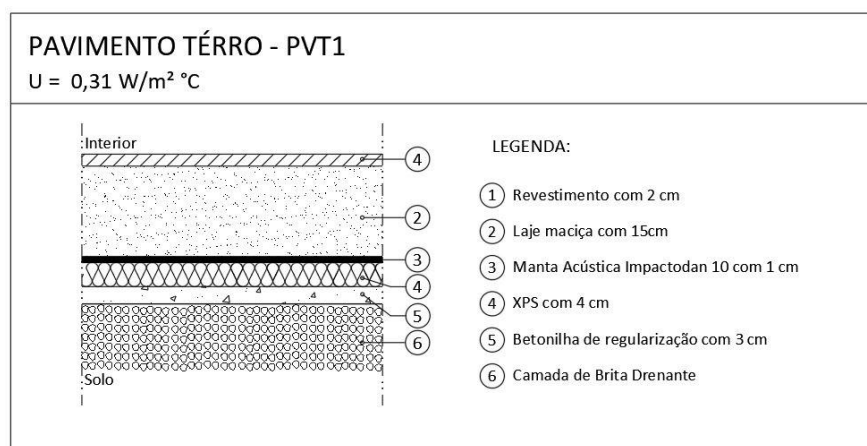


Figura 3.32 - Representação da solução construtiva do pavimento térreo PVT1

3.2.4.3 Envolvente envidraçada

A presente fração é constituída por 22 vãos envidraçados em caixilharia metálica de cor clara, de abrir, composta por vidro duplo com proteção solar interior em portadas opacas de cor clara. A solução escolhida é a mesma para todos os envidraçados e idêntica à solução apresentada na fração de habitação referida anteriormente, sendo composta por um vidro SOLARLUX® A 40 com 8 mm de espessura, seguida de uma caixa de ar com 14mm de espessura e um vidro NEUTRALUX® de 8 mm de espessura. Os

envidraçados apresentam um coeficiente de condutibilidade térmica de 1,32 W/(m.°C) com um fator solar de 0,21 enquanto que com a proteção solar interior 100% ativa apresentam um fator solar de 0,10.

Tal como no caso de estudo da fração de habitação, é também necessário determinar os ângulos formados não só por palas verticais como por palas horizontais e respetivos fatores de sombreamento para a estação de aquecimento e de arrefecimento. No entanto devido ao elevado número de envidraçados em ambas as fachadas optou-se por utilizar simplificações: considerou-se os envidraçados orientados a Oeste como um só envidraçado, agrupou-se os envidraçados do piso 0 orientados a Este e considerou-se como um único envidraçado todos os vãos orientados a Este situados no piso 1.

Tabela 3.32 - Identificação dos vãos envidraçados

Vão envidraçado	Orientação	Área (m ²)
VE1	Oeste	35,76
VE2	Este	36,41
VE3	Este	14,41

De seguida procedeu-se ao cálculo dos sombreamentos dos envidraçados como pode ser observado na tabela seguinte.

Tabela 3.33 - Fatores de sombreamento de elementos horizontais e verticais nas estações de aquecimento e arrefecimento

Vão envidraçado	F _o			F _f		
	Aquecimento	Arrefecimento	Final	Aquecimento	Arrefecimento	Final
VE1	0,87	0,87	0,87	0,93	0,90	0,84
VE2	0,87	0,87	0,87	1	0,90	0,90
VE3	0,87	0,87	0,87	1	0,90	0,90

Por fim verificou-se se as soluções adotadas verificavam os requisitos impostos pela legislação.

Tabela 3.34 - Verificação do fator solar global dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção 100% ativos

Vão envidraçado	g_T	F_o	F_f	$g_{T,max}$	Verificação $g_T * F_o * F_f \leq g_{T,max}$
VE1	0,10	0,87	0,84	0,56	$0,07 \leq 0,56$
VE2	0,10	0,87	0,90	0,56	$0,08 \leq 0,56$
VE3	0,10	0,87	0,90	0,56	$0,08 \leq 0,56$

Como a fração se situa numa zona climática do tipo V2, o fator solar dos vãos envidraçados de referência assume o valor de 0,20. Neste caso adotou-se a simplificação de considerar as proteções solares ativas a 60%, tendo se chegado a um valor de 0,143 que consegue ser inferior ao valor de referência.

3.2.5 Inércia térmica

Como se trata de uma fração sujeita a uma simulação dinâmica multizona e tendo sido utilizado o programa Trace700 para efetuar a mesma, o cálculo da inércia térmica é automaticamente efetuado pelo programa desde que sejam inseridas as características dos materiais presentes no edifício. Dado esta funcionalidade do programa não se procedeu ao calculo manual da inércia térmica da fração.

3.2.6 Pontes térmicas lineares

Relativamente às pontes térmicas lineares, o cálculo das mesmas passou por uma majoração global em cerca de 5% das necessidades de aquecimento da fração, conforme descrito no regulamento.

3.2.7 Climatização

Como referido anteriormente, para a climatização da fração em estudo foi considerado um sistema de expansão direta do tipo Split constituído por quatro unidades exteriores e quatro unidades interiores com capacidade de aquecimento e arrefecimento de acordo com os espaços a climatizar, sendo eles a sala de refeições e sala de festas no piso 0 e a sala de refeições no piso 1. Todos os equipamentos destinados à climatização serão da marca Daikin.

A sala de refeições no piso 1 irá dispor de duas unidades interiores iguais, mais concretamente o modelo FDQ125C ou equivalente. A sala de refeições do piso 0 irá dispor de uma unidade interior, modelo FBQ100D ou equivalente, enquanto que a sala de festas localizada no mesmo piso tem preconizada a instalação de uma unidade interior, sendo o modelo FBQ60D. Todas as unidades são dotadas de permutador a 2 tubos, fluído frigorigéneo/ar em tubo de cobre alhetado a alumínio e possuem ventiladores do tipo centrifugo de baixa estática, do tipo indução fechada, classe B de isolamento, com termóstato de proteção da bobina indutora. Na tabela a seguir podem ser observados os valores relativos a cada unidade interior.

Tabela 3.35 - Características das unidades interiores

Unidades interiores					
Designação	Local	Equipamento	Caudal de ar (m ³ /h)	Potência arrefecimento (kW)	Potência aquecimento (kW)
UI 01	Sala de refeições – Piso 1	FDQ125C	2340	12,5	14
UI 02	Sala de refeições – Piso 1	FDQ125C	2340	12,5	14
UI 03	Sala de refeições – Piso 0	FBQ100D	1740	10	11,2
UI 04	Sala de festas – Piso 0	FBQ60D	1080	5,7	4,6

A cada unidade interior está associada uma unidade exterior, tendo sido definido como solução para o piso 1 duas unidades exteriores, modelo RZQSG125, enquanto que para a sala de refeições no piso 0 está definido a colocação do modelo RZQSG100, e para a sala de festas está preconizada a instalação do modelo RXS60. De seguida é apresentada uma tabela com as respetivas unidades de produção de energia térmica.

Tabela 3.36 - Características das unidades exteriores

Unidades exteriores					
Designação	Unidade interior associada	Equipamento	EER/COP	Potência arrefecimento (kW)	Potência aquecimento (kW)
UE 01	UI 01	RZQSG125	3,75/3,83	12	13,5
UE 02	UI 02	RZQSG125	3,75/3,83	12	13,5
UE 03	UI 03	RZQSG100	3,35/3,67	9,5	10,8
UE 04	UI 04	RXS60	3,45/3,71	5,7	7

3.2.8 Ventilação

3.2.8.1 Ventiladores de ar novo

Para efetuar a ventilação mecânica dos espaços, selecionou-se como guia de projeto quatro ventiladores próprios para ligação em condutas, em caixa sendo três deles da marca France Air, modelos Canal'air ECM200 e Modulys EXT ECM 400, sendo o outro ventilador da marca Soler & Palau a ser instalado na cozinha. Na tabela a seguir podem ser consultados todos os valores afetos a estes ventiladores.

Tabela 3.37 - Ventiladores de ar novo

Ventiladores de ar novo					
Designação	Marca	Modelo	Caudal de ar (m ³ /h)	Pressão estática (Pa)	Potência elétrica (kW)
VAN 01	France Air	Canal'air ECM 200	700	100	0,154
VAN 02	France Air	Modulys EXT ECM 200	750	150	0,085
VAN 03	France Air	Modulys EXT ECM 200	750	150	0,085
VAN 04 (cozinha)	Soler & Palau	CVAB/4 3800/355	2500	200	1

3.2.8.2 Ventiladores de extração de ar

Por forma a efetuar uma correta extração de ar dos espaços, definiu-se a instalação de um ventilador de extração de ar nas instalações sanitárias e de uma Hotte na cozinha para efetuar uma correta desenfumagem. Nas tabelas seguintes podem ser consultados os valores afetos a cada equipamento.

Tabela 3.38 - Ventilador de extração de ar das instalações sanitárias

Ventilador de extração de ar das instalações sanitárias					
Designação	Marca	Modelo	Caudal de ar (m ³ /h)	Pressão estática (Pa)	Potência elétrica (kW)
VEIS 01	France Air	Silens'air ECM 200	540	125	0,06

Tabela 3.39 - Ventilador de extração de ar da cozinha

Ventilador de extração de ar da cozinha					
Designação	Marca	Modelo	Caudal de ar (m ³ /h)	Pressão estática (Pa)	Potência elétrica (kW)
VE Hotte	France Air	SIMOUN 450	3000	300	0,841

3.2.9 Iluminação interior

Os sistemas de iluminação a instalar na fração devem cumprir os requisitos gerais e específicos para os parâmetros de iluminação de acordo com a normas europeia EN 12464-1, bem como requisitos para a densidade de potência e requisitos de controlo, regulação de fluxo e de monitorização e gestão.

Para a fração em questão foram propostos três tipos de luminárias: lâmpadas fluorescentes tubulares de 58W, lâmpadas fluorescentes compactas de 18W e lâmpadas economizadoras de 6W. As luminárias de 58W seriam utilizadas nas salas de refeições de ambos os pisos e na sala de festas enquanto que nos

restantes espaços seriam utilizadas as lâmpadas de 18W, à exceção das instalações sanitárias de área mais reduzida e dos arrumos onde seriam utilizadas as lâmpadas de 6W. De seguida procedeu-se à determinação da iluminância (lux) e dos valores máximos de densidade de potência de iluminação (DPI) para cada espaço tendo consultado as normas europeias em conjunto com a Portaria 17-A para uma melhor afetação de valores. De seguida é possível consultar na tabela os valores assumidos para cada espaço, incluindo a taxa de iluminação da fração e a respetiva taxa de iluminação de referência.

Tabela 3.40 - Iluminação de projeto e de referência

Espaços	Piso	Área (m ²)	Iluminação Real		Iluminação Referência /Projeto		Iluminação Máxima	Iluminação Referência	
			Potência (W)	Taxa (W/m ²)	Lux (lux)	Taxa (W/m ²)		Lux (130%) (lux)	DPI [(W/m ²)/100lux]
1-Hall de entrada	0	18,71	72	3,85	300	11,40	390	3,80	213,25
2-Sala de refeições	0	150,83	2320	15,38	500	12,00	650	2,40	1809,89
3-Caixa de escadas	0	7,57	36	4,75	100	3,80	130	3,80	28,77
4-Cozinha	0	29,01	108	3,72	500	17,00	650	3,40	493,20
5-Despensa	0	15,75	54	3,43	100	3,40	130	3,40	53,54
6-Instalações sanitárias	0	2,72	12	4,42	100	3,80	130	3,80	10,33
7-Instalações sanitárias masculinas	0	5,09	36	7,08	200	7,60	260	3,80	38,66
8-Instalações sanitárias femininas	0	5,96	54	9,06	200	7,60	260	3,80	45,32
9-Sala de festas	0	56,32	696	12,36	500	12,00	650	2,40	675,83
10-Sala de refeições	1	147,06	2030	13,80	500	12,00	650	2,40	1764,74
11-Arrumos	1	1,49	6	4,03	100	3,40	130	3,40	5,06
12-Sala de máquinas	1	29,01	108	3,72	100	3,40	130	3,40	98,64
Área térmica		439,02	5418	12,34		11,69			5133,63
Área pavimento		469,52	5532	11,78		11,15			5237,33

Como pode ser observado, a presente fração apresenta uma taxa de iluminação de $12,34 \text{ W/m}^2$, valor um pouco superior aos valores de referência.

3.2.10 Preparação de AQS

A fração em análise tem prevista a instalação de um termoacumulador com capacidade de 300 litros, de marca por definir, mas com um rendimento nominal de 95%, ou seja, igual ao valor de referência. Pelas mesmas razões apresentadas no estudo da fração de habitação não foi implementado qualquer sistema de águas quentes sanitárias com recurso a energias renováveis.

3.2.11 Realização da simulação

Como já foi referido anteriormente e exemplificado nas figuras 3.21 e 3.22, é necessário localizar a fração e inserir todos os dados climáticos a ela associados por forma a garantir uma simulação energética mais correta. De seguida como pode ser observado nas figuras 3.33 e 3.34, é possível criar materiais na biblioteca do software TRACE700, para depois formar cada elemento da envolvente para que o mesmo calcule os coeficientes de transmissão térmica, o peso e a inércia térmica de cada elemento.

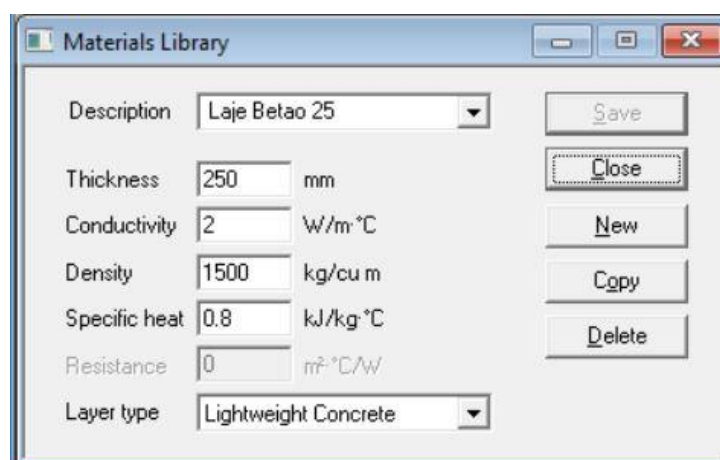


Figura 3.33 - Exemplo de criação de um material

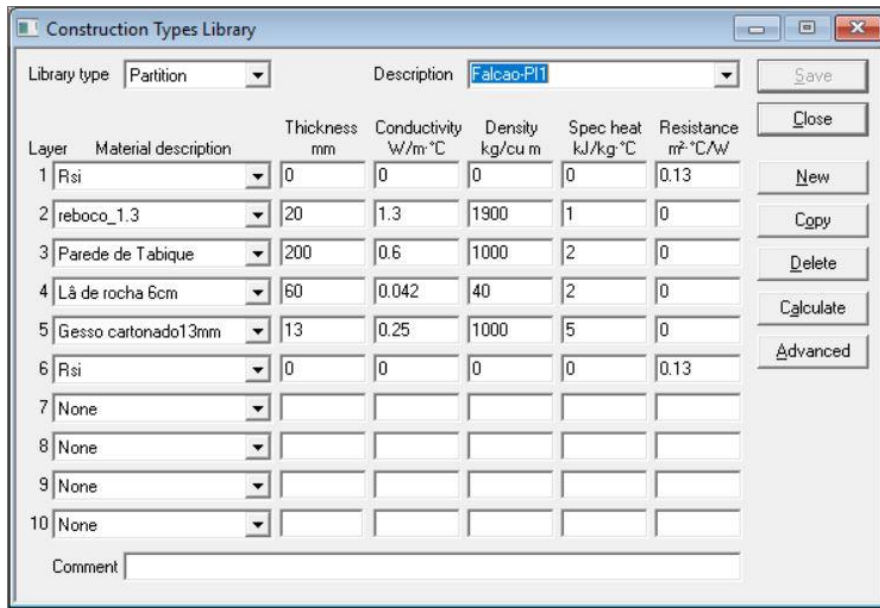


Figura 3.34 - Exemplo de introdução de dados de um elemento da envolvente

Após inserir os valores correspondentes a todos os elementos construtivos o software permite a criação de vários “Templates” que permitem introduzir os ganhos internos, a ventilação, as temperaturas, os tipos de construção e conjugar os vários dados para cada espaço. Na figura a seguir podem ser observados os valores utilizados para todas as divisões da fração, à exceção da cozinha que em termos regulamentares possui uma tipologia diferente relativamente à ocupação e à energia despendida pelos seus equipamentos.

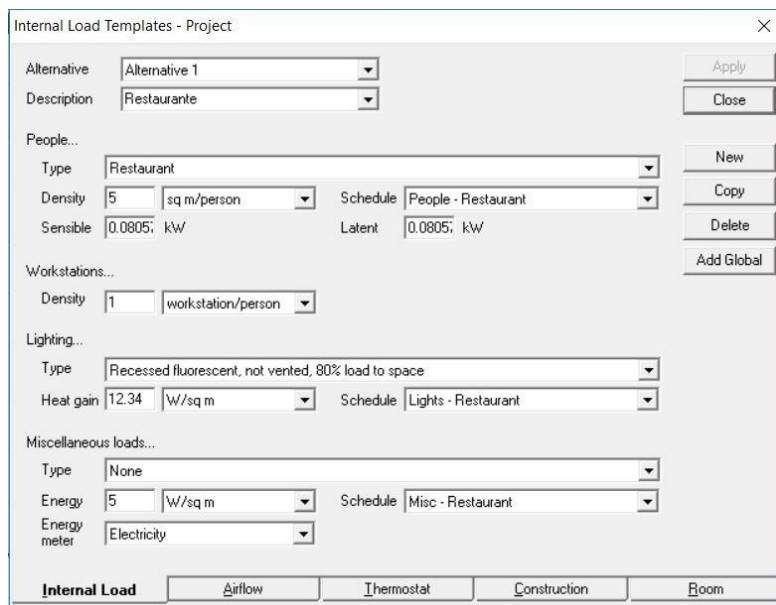


Figura 3.35 - Introdução de dados relativos aos ganhos internos

Na figura acima representada utilizou-se a densidade ocupacional de 5m²/pessoa presente no regulamento, optou-se por considerar que 80% da carga térmica produzida pelas lâmpadas dissipa-se no

espaço associado sendo que os restantes 20% poderão dissipar em possíveis tetos falsos a instalar de futuro e introduziu-se a taxa de iluminação determinada anteriormente. Segundo a legislação, para uma tipologia de restaurante, a densidade de equipamentos assume um valor de 5W/m². Foram ainda inseridos os perfis horários presentes na legislação.

No separador seguinte destes modelos, introduziu-se os caudais de ar novo, quer de insuflação quer de extração para cada espaço como pode ser observado na figura 3.36.

Figura 3.36 - Exemplo da introdução dos caudais de ar novo

No separador da temperatura apenas se introduziu as temperaturas interiores de 20°C e de 25°C, o qual foi nomeado de nominal. Na figura 3.37 está representado um exemplo de construção do piso 0, ou seja, foram escolhidos um pé direito e uma solução construtiva para cada teto, pavimento e paredes, a solução de cada envolvente que mais está presente em cada divisão por forma a facilitar o automatismo de cálculo aquando da introdução de dados para cada divisão.

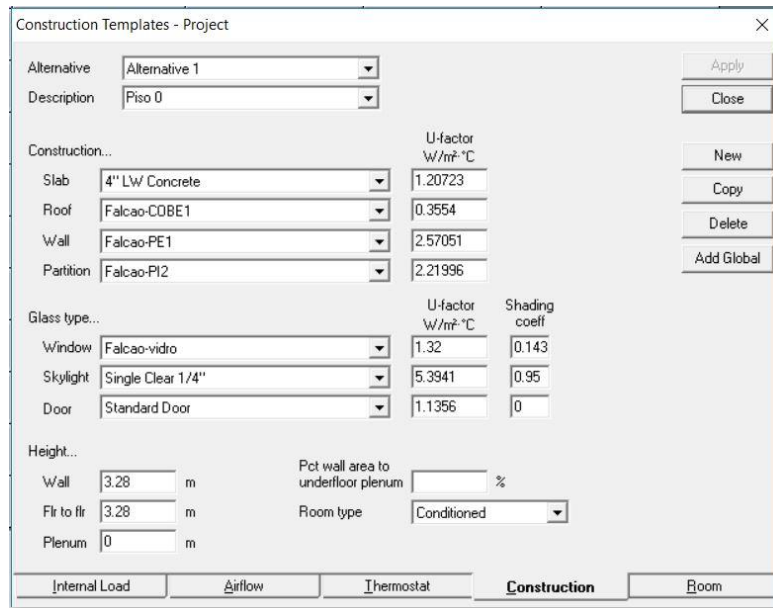


Figura 3.37 - Modelo de construção do piso 0

No ultimo separador da criação de modelos pode ser criado um modelo para cada tipo de divisão associando os vários modelos criados de ganhos internos, ventilação, temperatura e construção como pode ser visto na figura abaixo representada.

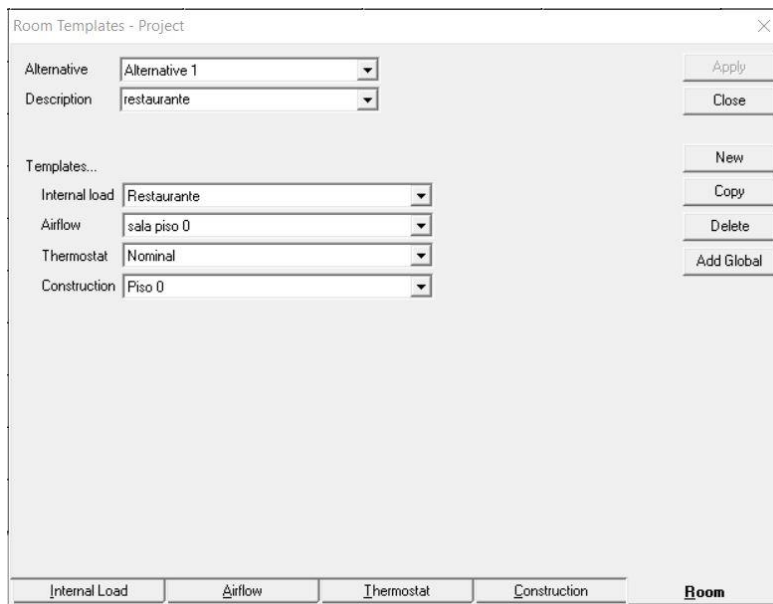


Figura 3.38 - Criação de um modelo de divisão

Após todos estes passos, é possível proceder à criação de cada divisão da fração, inserindo a área de cada fração bem como a área de cada envolvente e ventilação associado. Na figura 3.39 pode ser visto a cor vermelha os valores que já estão predefinidos após terem sido inseridos na criação dos modelos. Nesta

figura apenas é necessário introduzir a área e o pé direito da divisão que acaba por ser diferente do proposto na criação do modelo. Como são pedidos o comprimento e a largura da divisão e visto que as áreas foram medidas através de AutoCad, inseriu-se o valor total da área no valor do comprimento e inseriu-se o valor unitário na largura por forma a simplificar. Caso se tratasse de um edifício com divisões iguais em vários pisos, como acontece por vezes em hotéis, seria possível multiplicar esta divisão por número de pisos e/ou por número de divisões iguais nesse mesmo piso por forma a evitar a repetição da introdução de dados.

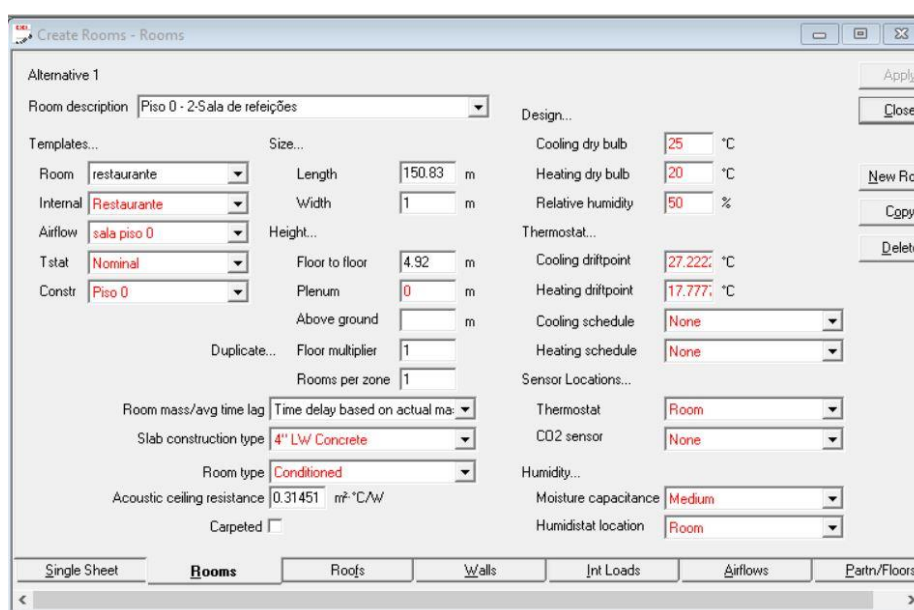


Figura 3.39 - Exemplo de criação de uma divisão

De seguida, passando ao separador das coberturas ilustrado na figura 3.40, é apenas necessário introduzir a área de cobertura e a solução construtiva a ela associada bem como a existência de claraboias. De referir que devido a uma falha do software, este não permite que as coberturas interiores sejam inseridas neste separador, tendo que ser contabilizadas no separador das paredes interiores e dos pavimentos.

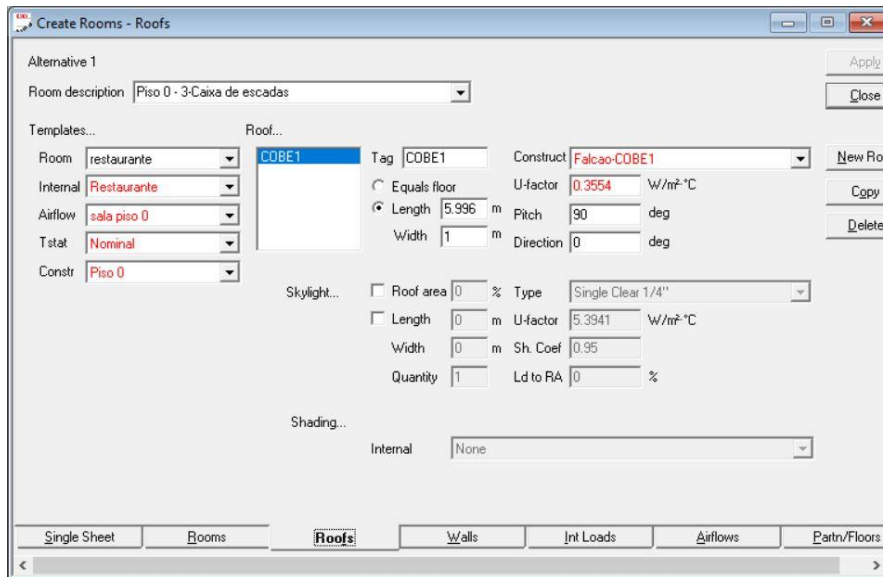


Figura 3.40 - Exemplo da introdução de uma cobertura exterior numa divisão

No separador a seguir, representado na figura 3.41, é necessário a discriminação das paredes exteriores associadas à divisão, sendo necessário colocar a área das mesmas, a solução construtiva bem como a orientação em graus. É ainda possível colocar os vidros utilizados bem como a todas as características a eles associados incluindo palas de sombreamento.

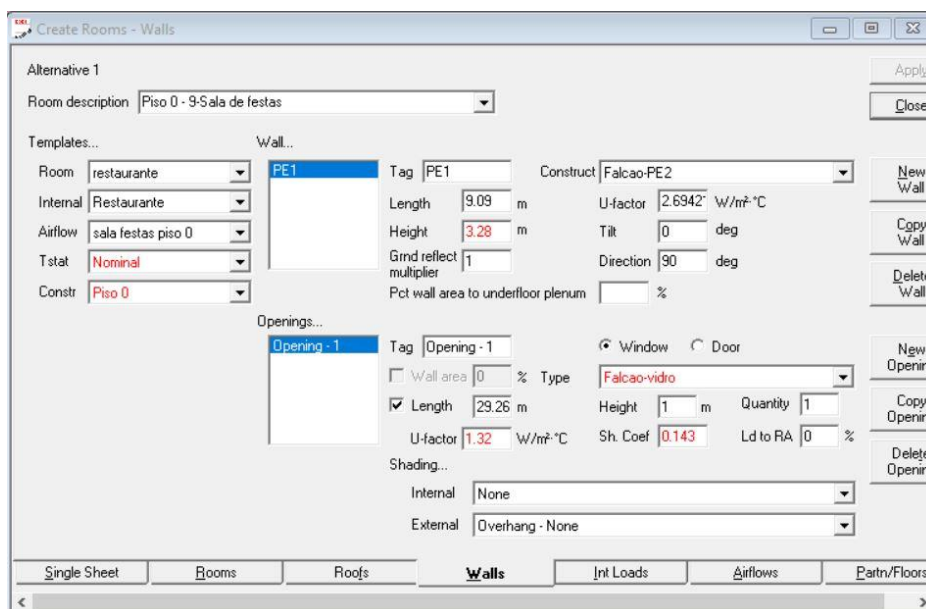


Figura 3.41 - Exemplo da introdução de paredes exteriores e respetivos vãos envidraçados

Os separadores dos ganhos internos e da ventilação são idênticos aos referidos nas figuras 3.35 e 3.36 respetivamente e voltam aqui a ser considerados caso o individuo responsável por efetuar a simulação não tenha interesse em criar vários modelos e prefira inserir os valores manualmente. Posto isto, o ultimo

separador referente às envolventes interiores e aos pavimentos pode ser observado na figura 3.42. Aqui pode ser verificado que os valores calculados anteriormente relativos às temperaturas de projeto associadas a cada coeficiente de redução de perdas, são inseridos nas temperaturas dos espaços adjacentes sendo que o método escolhido na figura abaixo, “Sine Fit”, é utilizado em casos de paredes em contacto com espaços não úteis. Como pode ser observado relativamente ao pavimento interior utilizado o método utilizado foi o “Ground” dado que se trata de um pavimento térreo.

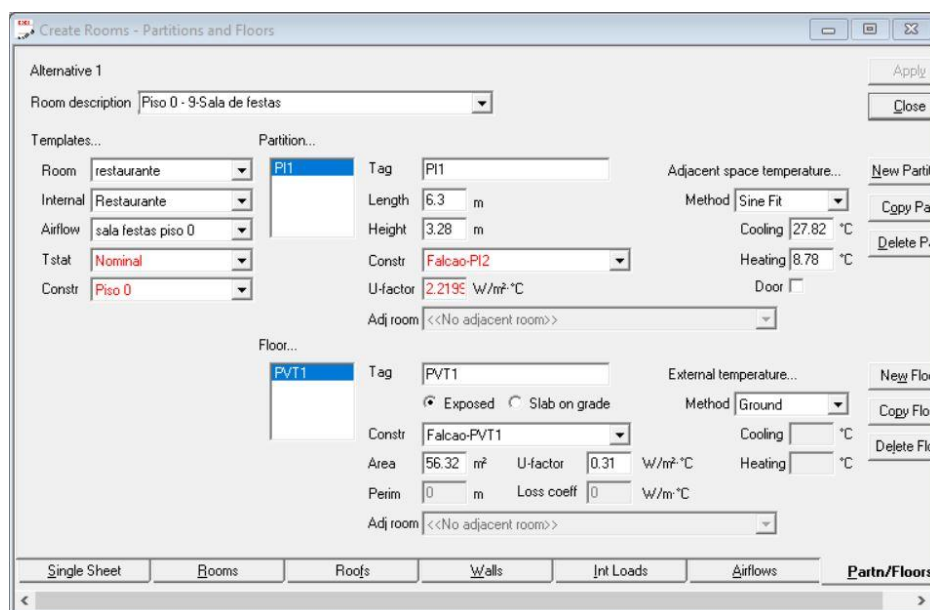


Figura 3.42 - Exemplo da introdução de paredes e pavimentos interiores

Após criar todas as divisões da fração no programa é necessário criar os sistemas de climatização presentes. Neste caso existem 4 unidades interiores do tipo Split mas só as salas de refeições e a sala de festas é que são climatizadas logo foi necessário criar um sistema de climatização inexistente com as baterias de funcionamento desligadas para os restantes espaços dado que o software não deixa correr a simulação se houver espaços sem sistemas a eles associados. Na figura 3.43 é possível observar a seleção de um sistema Split no programa de simulação bem como o respetivo esquema de funcionamento. Neste separador são criados os esquemas relativos às unidades interiores.

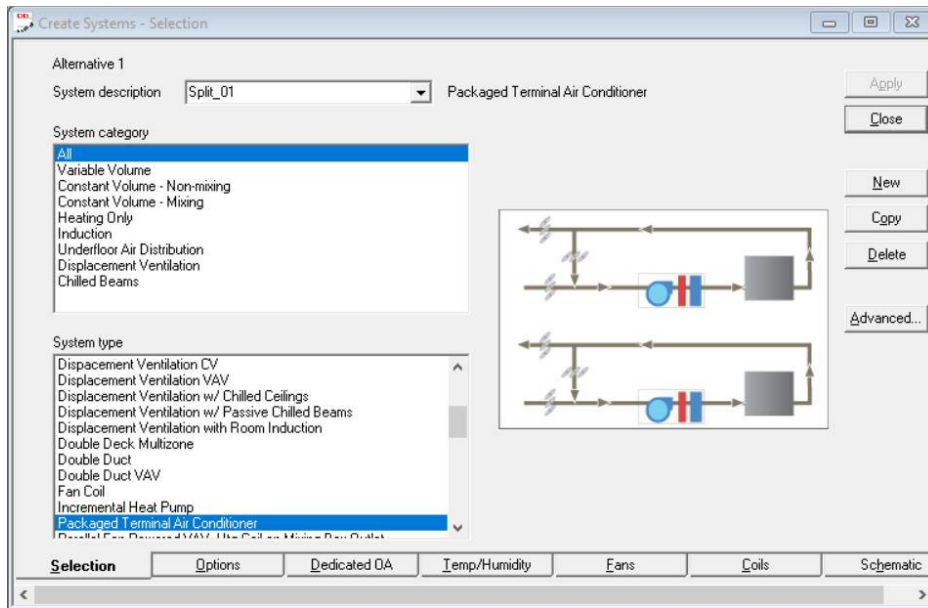


Figura 3.43 - Criação de uma unidade interior do tipo Split

Todos os restantes separadores presentes na figura acima não foram alvo de nenhuma alteração face ao que o programa seleciona, à exceção do separador “Coils”, presente na figura 3.44, referente às bobinas que foi necessário colocar a zero o valor referente ao pré-aquecimento dado que uma unidade interior deste género não possui tal característica. Para o sistema criado para os espaços sem climatização foi necessário colocar todos os valores da seguinte imagem a zero por forma ao sistema ser criado, mas não funcionar.

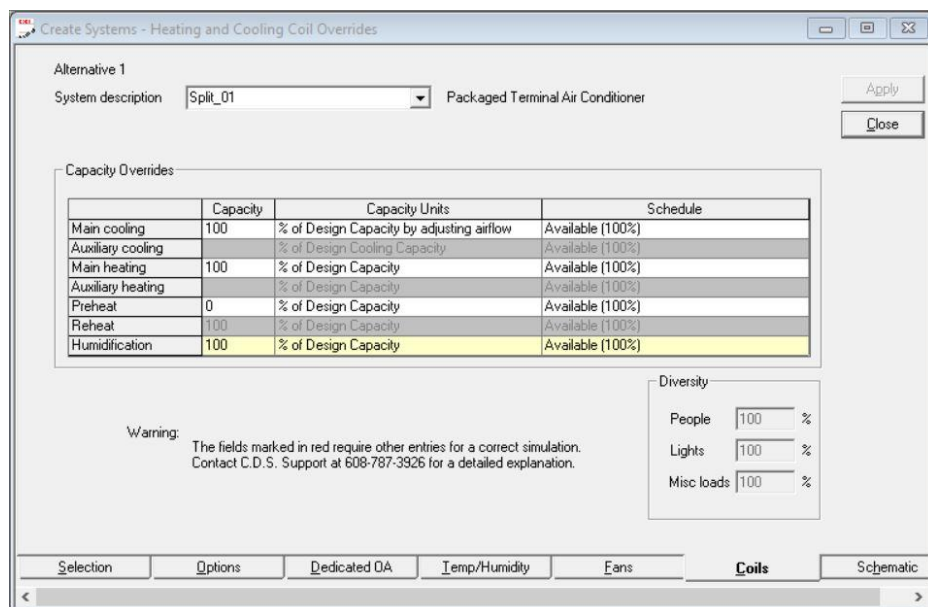


Figura 3.44 - Alteração das características das bobinas

Após a criação de todos os sistemas é necessário associar cada espaço da fração a um sistema de climatização anteriormente criado, como é possível ver na figura a seguir. Como a caixa de escadas é um espaço aberto sem qualquer divisória para com a sala de refeições do piso 0 optou-se por colocar a mesma como climatizada pelo mesmo equipamento destinado a climatizar a sala de refeições do piso em questão.

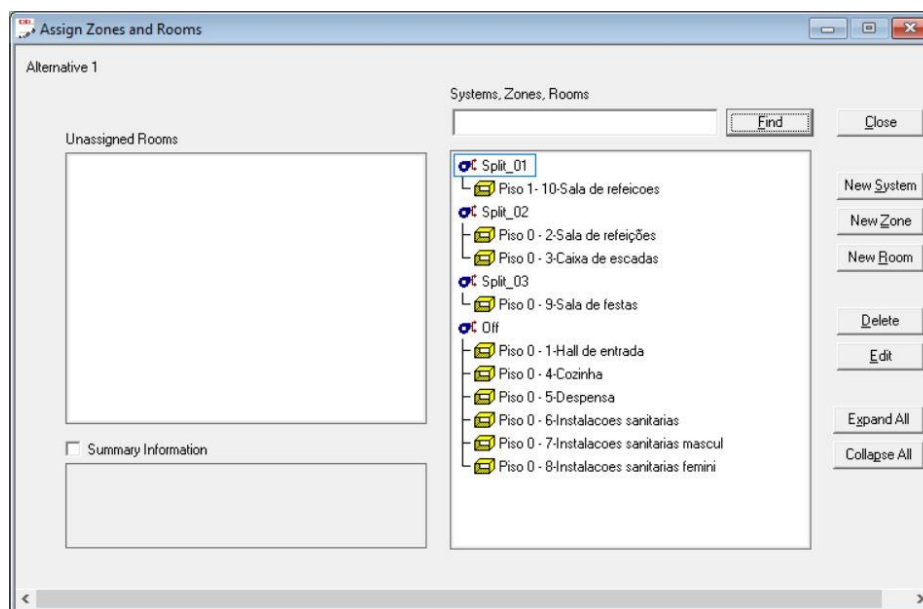


Figura 3.45 - Associação dos espaços aos sistemas de climatização criados

Posto isto é necessário criar a configuração das unidades exteriores. Mesmo que anteriormente tenha sido escolhido um sistema de funcionamento adequado a um sistema Split, o software não sabe qual a unidade exterior associada, dado que poderia ser do tipo chiller ou até mesmo VRF, estando por isso representado na figura 3.46 a constituição das mesmas. Como se pode ver, relativamente ao arrefecimento cada equipamento possui um ventilador de ar frio com uma espécie de torre de arrefecimento a ele associado enquanto que o aquecimento recorre a uma resistência elétrica.

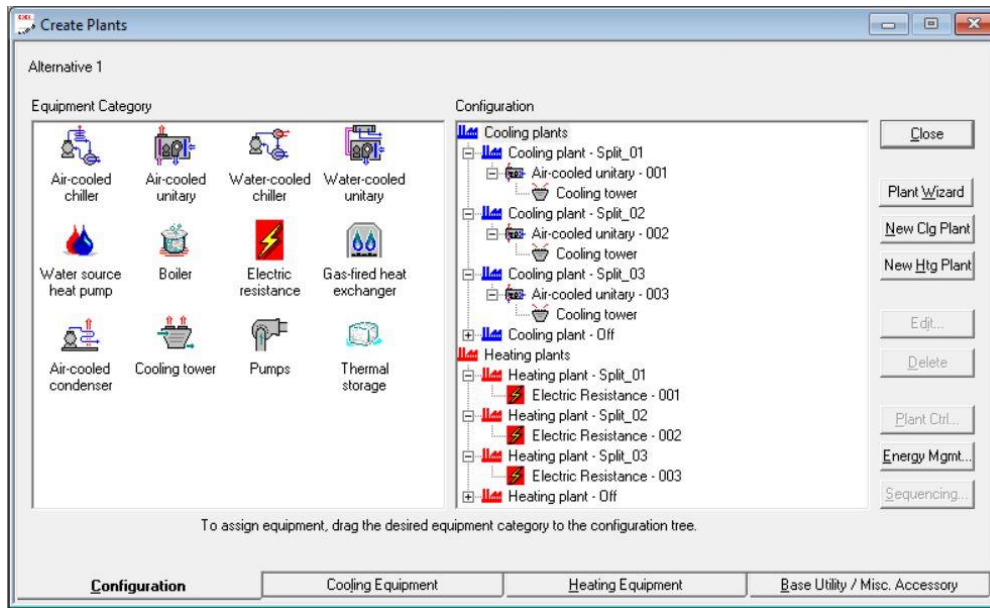


Figura 3.46 - Constituintes principais relativos ao arrefecimento/aquecimento do sistema

De seguida passou-se à introdução das potências de arrefecimento/aquecimento e respetivos EER e COP de cada sistema. De referir que o sistema não assume corretamente os valores de EER, sendo necessário colocá-los como COP na mesma, como pode ser observado na figura abaixo. De salientar que quando existe mais do que um sistema numa fração/edifício, é necessário ir aos “Controls” presentes na figura e associar cada equipamento de frio à respetiva bateria de aquecimento anteriormente criada, caso contrário o software assume todos os equipamentos de frio ligados a uma única bateria de aquecimento, o que iria provocar uma simulação com valores muito dispares da realidade.

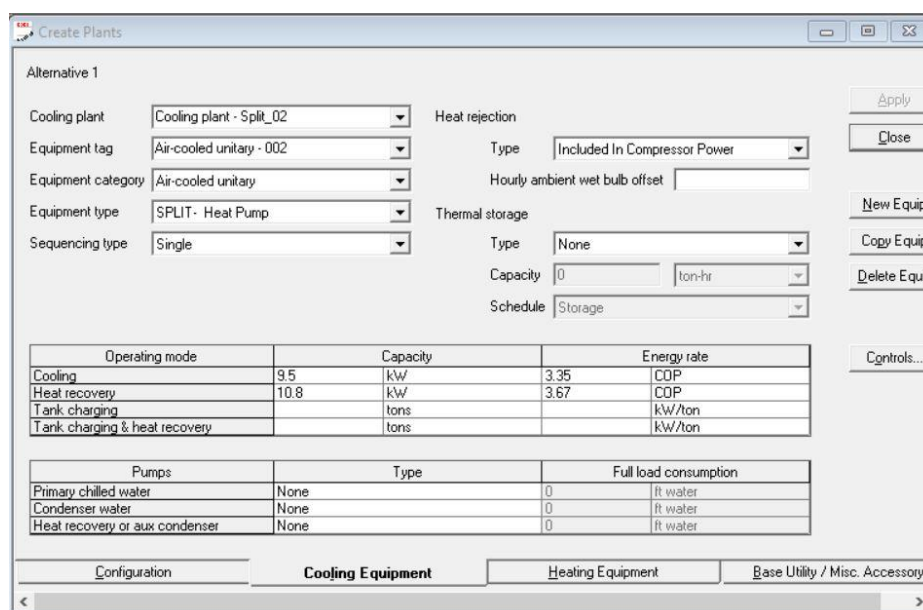


Figura 3.47 - Introdução das potências de cada equipamento e respetivos rendimentos

Nos separadores seguintes nada se alterou, procedendo-se a uma associação de cada unidade exterior ao respetivo sistema Split anteriormente criado como pode ser observado na figura 3.48. É possível verificar que o software criou na mesma os sistemas de aquecimento/arrefecimento para o sistema desligado anteriormente criado, sendo necessário associar os mesmos ao sistema desligado.

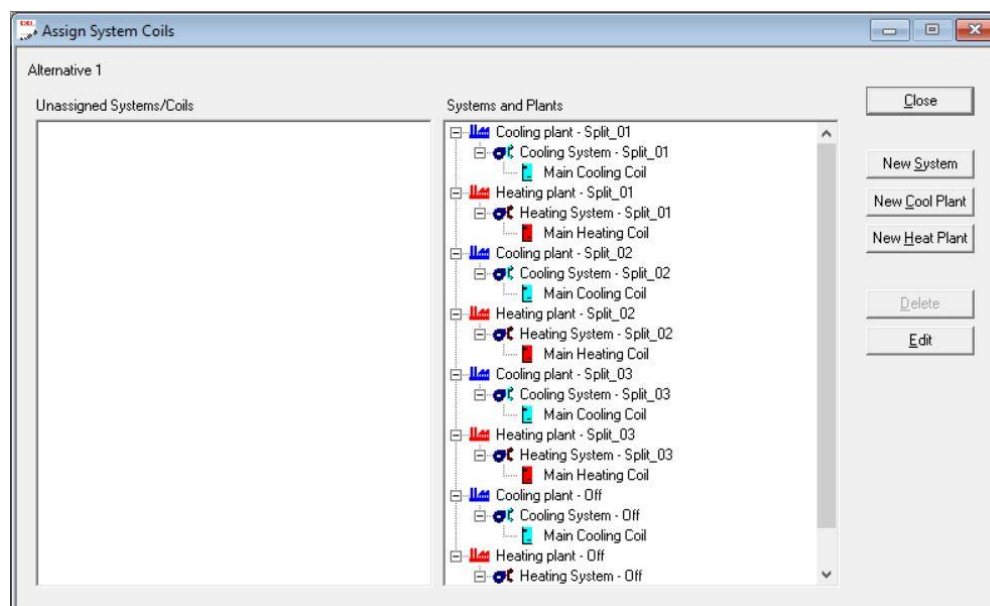


Figura 3.48 - Associação de cada sistema de aquecimento/arrefecimento aos sistemas de climatização criados

Embora o software permita introduzir as variáveis económicas, optou-se por fazer esses cálculos manualmente.

Terminada a introdução dos dados relativos á fração, foi necessário criar uma solução com os valores de referência, bastando copiar a solução original e alterar os valores relativos às envolventes e da iluminação através da alteração dos “Templates” e a criação de um sistema de climatização de referência ao qual todos os espaços estão ligados, poupando imenso tempo ao evitar não só a reintrodução de dados de construção como também a criação dos espaços.

Efetuada a simulação tanto para a solução original como para a de referência, são apresentados na tabela seguinte os valores relativos ao consumo anual de energia do edifício retirados do software.

Tabela 3.41 - Consumo anual de energia

	Aquecimento (kWh)	Arrefecimento (kWh)	Iluminação (kWh)	Equipamentos (kWh)
Previsto	4453 ⁽¹⁾	8140	28276	48553
Referência	1180	22647	26786	48553

⁽¹⁾ – Valor majorado em 5% para a contabilização das pontes térmicas lineares associadas à fração.

3.2.12 Consumo anual de energia do tipo S

Relativamente aos consumos anuais de energia do tipo S, a fração possui consumos associados aos ventiladores de ar novo, exceto o da cozinha, e ventiladores de extração das instalações sanitárias, consumos relativos à utilização de um termoacumulador para preparação de AQS e todos os consumos relativos à iluminação dos espaços não úteis.

No caso dos ventiladores, determinou-se que iriam funcionar durante 8 horas por cada 6 dias em 52 semanas num ano, chegando a um valor de 2496 horas/ano. Para isso foi necessário calcular o valor de SFP para cada um dos casos, que é traduzido pela divisão entre a potência elétrica do equipamento e o caudal de ar determinado. Para determinar os valores de referência foi necessário calcular a potência de cada solução de referência, sendo que a nível regulamentar possuem um SFP de 1250. Caso o valor do SFP da solução original seja superior aos 1250, a potência de referência é obtida através da seguinte fórmula:

$$P_{ref} = P * \frac{SFP_{calculado}}{1250} \quad (3.11)$$

Caso seja inferior, a potência de referência é determinada com recurso à seguinte expressão:

$$P_{ref} = P * \frac{1250}{SFP_{calculado}} \quad (3.12)$$

Feitos os cálculos, apresenta-se na tabela a seguir os consumos anuais relativos aos ventiladores.

Tabela 3.42 - Consumos anuais de energia do tipo S relativos a ventiladores

Equipamentos	horas/ano	Solução real			Solução referência		
		SFP	Potência (kW)	Consumo (kWh)	SFP	Potência (kW)	Consumo (kWh)
VAN	2496	530	0,32	808,70	1250	0,76	1907,30
VEIS	2496	400	0,06	149,76	1250	0,19	468,00

Em relação aos consumos energéticos do termoacumulador instalado, assumiu-se que se iria gastar uma média de 10L por cada refeição em cada dia da semana, logo a prever uma média de 50 refeições por dia, chegou-se a um valor de 156000L anuais, estando o gasto associado representado na tabela a seguir. Dado que se utilizou um termoacumulador com um rendimento igual ao de referência, o consumo da solução real é igual ao de referência.

Tabela 3.43 - Consumos anuais de energia do tipo S relativos a AQS

Equipamento	litros/ano	Solução real			Solução referência		
		ΔT (°C)	Rendimento (%)	Consumo (kWh)	ΔT (°C)	Rendimento (%)	Consumo (kWh)
AQS	156000	45	95	8594	45	95	8594

Por último, determinou-se os consumos associados à iluminação dos espaços complementares do tipo B, ou seja, os espaços não úteis, em que se multiplicou as potências instaladas em cada espaço e as de referência determinadas anteriormente na tabela 3.40 pelas horas de funcionamento para se obter o consumo energético anual como se pode verificar na tabela a seguir representada.

Tabela 3.44 - Consumos anuais de energia do tipo S relativos à iluminação de espaços complementares

Divisão	horas/ano	Área (m ²)	Solução real		Solução referência	
			Potência (kW)	Consumo (kWh)	Potência (kW)	Consumo (kWh)
Arrumos	2496	1,49	0,01	14,98	0,01	12,64
Sala de máquinas	2496	29,01	0,11	269,57	0,10	246,21

3.2.13 Consumo anual de energia do tipo T

Em relação aos consumos anuais de energia do tipo T, estão representados na fração o ventilador de ar novo e o ventilador de extração de ar ambos referentes à cozinha e os consumos dos equipamentos elétricos da mesma, sendo que não foram preconizados equipamentos a gás. Relativamente às horas de funcionamento anuais de todos os equipamentos situados nesta divisão, o regulamento impõe o uso de 6300 horas/ano, tendo sido esse o valor adotado.

Tabela 3.45 - Consumos anuais de energia do tipo T relativos a ventilação não associada ao controlo de carga térmica

Equipamento	Potência (kW)	horas/ano	Consumo (kWh)
VAN 04	1,0	6300	6300,00
VE Hotte	0,8	6300	5298,30

Para contabilizar os consumos anuais de energia dos equipamentos da cozinha, o valor regulamentar para a densidade de equipamentos é de 250 W/m², sendo necessário multiplicar esta mesma densidade pela área do espaço para determinar a potência instalada na divisão.

Tabela 3.46 - Consumos anuais de energia do tipo T relativos a outros consumos

Equipamento	Área (m2)	Potência (kW)	horas/ano	Consumo (kWh)
Equipamentos elétricos	29,01	7,3	6300	45693,90

Determinados os consumos tanto do tipo S como do tipo T, pode observar-se na figura a seguir o consumo anual de energia final onde é representado a quantificação de cada tipo de consumo associado à fração.

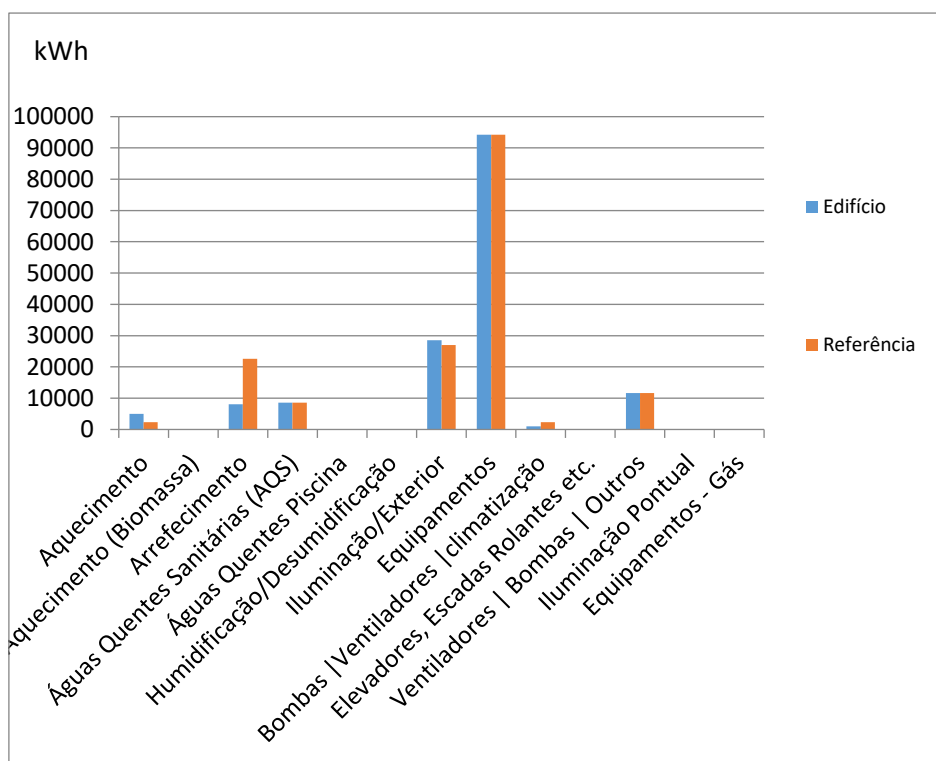


Figura 3.49 - Consumos anuais de energia final

Após analisar o gráfico pode concluir-se que os consumos associados aos equipamentos e à iluminação são os mais gravosos contribuindo assim para uma maior gasto na fatura energética. Conclui-se também que a fração possui mais necessidades de aquecimento do que a solução de referência enquanto que relativamente às necessidades de arrefecimento a situação inverte-se. O consumo energético associado aos equipamentos é igual tanto para a solução prevista como para a de referência dado que o consumo a eles associado não tem um valor de referência previsto.

3.2.14 Determinação da classe energética

Após a obtenção de todos os dados relativos à fração através do software de simulação, procedeu-se à determinação da classe energética, sendo por isso necessário o cálculo dos indicadores energéticos. No anexo V pode ser consultada a tabela com todos os valores associados a este processo.

Tabela 47 - Índices de eficiência energética

	Fração	Referência
IEE _s	269,69 kWh/m ²	329,53 kWh/m ²
IEE _T	563,58 kWh/m ²	563,58 kWh/m ²
IEE	833,57 kWh/m ²	893,11 kWh/m ²

De seguida procedeu-se ao cálculo da classe, através do rácio entre o IEE da fração e o IEE de referência, o qual está evidenciado na seguinte fórmula:

$$R = \frac{833,57}{893,11} = 0,82 \quad (3.13)$$

Com recurso à figura 3.17 anteriormente representada, constata-se que a fração em estudo apresenta uma classificação energética B.

3.2.15 Medidas de melhoria

Como referido anteriormente, a iluminação, juntamente com os equipamentos, é um dos fatores que mais peso tem no consumo energético de uma fração/edifício de serviços. Dado que não se utilizaram luminárias económicas ou de tecnologia LED, este é um aspeto a melhorar. Como os sistemas instalados são de elevado rendimento, não houve necessidade de preconizar uma medida de melhoria a eles associada. A solução escolhida passa por uma substituição das luminárias existentes por outras de tecnologia LED, sendo que as lâmpadas de 58W seriam substituídas por lâmpadas de 25W, as lâmpadas

de 18W por 10W enquanto que as lâmpadas de 6W seriam substituídas por lâmpadas de 3W. Estas alterações têm um grande impacto no consumo energético da fração, sendo que a fração pode apresentar com esta medida uma taxa de iluminação de 5,42 W/m² o que representa uma redução em cerca de 55% comparativamente à solução original. De seguida apresenta-se a tabela com os valores relativos à iluminação prevista nesta medida de melhoria.

Tabela 48 - Iluminação associada à medida de melhoria

Espaços	Piso	Área (m ²)	Iluminação Real		Iluminação Referência /Projeto		Iluminação Máxima	Iluminação Referência	
			Potência (W)	Taxa (W/m ²)	Lux (lux)	Taxa (W/m ²)		Lux (130%) (lux)	DPI [(W/m ²)/100lux]
1-Hall de entrada	0	18,71	40	2,14	300	11,40	390	3,80	213,25
2-Sala de refeições	0	150,83	1000	6,63	500	12,00	650	2,40	1809,89
3-Caixa de escadas	0	7,57	20	2,64	100	3,80	130	3,80	28,77
4-Cozinha	0	29,01	60	2,07	500	17,00	650	3,40	493,20
5-Dispensa	0	15,75	30	1,91	100	3,40	130	3,40	53,54
6-Instalações sanitárias	0	2,72	6	2,21	100	3,80	130	3,80	10,33
7-Instalações sanitárias masculinas	0	5,09	20	3,93	200	7,60	260	3,80	38,66
8-Instalações sanitárias femininas	0	5,96	30	5,03	200	7,60	260	3,80	45,32
9-Sala de festas	0	56,32	300	5,33	500	12,00	650	2,40	675,83
10-Sala de refeições	1	147,06	875	5,95	500	12,00	650	2,40	1764,74
11-Arrumos	1	1,49	3	2,01	100	3,40	130	3,40	5,06
12-Sala de máquinas	1	29,01	60	2,07	100	3,40	130	3,40	98,64
Área térmica		439,02	2381	5,42		11,69			5133,63
Área pavimento		469,52	2444	5,21		11,15			5237,33

Após a introdução destes novos valores no software, obteve-se novos valores relativos aos consumos energéticos da fração, os quais podem ser consultados na tabela a seguir representada.

Tabela 49 - Consumo anual de energia

	Aquecimento (kWh)	Arrefecimento (kWh)	Iluminação (kWh)	Equipamentos (kWh)
Melhoria	5430 ⁽¹⁾	6345	12419	48553
Previsto	4453 ⁽¹⁾	8140	28276	48553
Referência	1180	22647	26786	48553

⁽¹⁾ – Valor majorado em 5% para a contabilização das pontes térmicas lineares associadas à fração.

A possível substituição das luminárias existentes por luminárias de tecnologia LED, provoca um ligeiro aumento das necessidades de aquecimento da fração visto que não libertam para o espaço tanta energia sob a forma de calor como as luminárias existentes. Por outro lado, existe uma menor necessidade de arrefecimento do espaço e o consumo de energia associado à iluminação reduz para menos de metade do existente. A substituição e respetiva instalação das luminárias referidas tem um custo aproximado de 2900€, permitindo uma redução anual da fatura energética em cerca de 2795€ e um retorno face ao investimento efetuado de aproximadamente 1 ano.

Todos os valores relativos aos vários tipos de consumos podem ser consultados no anexo VI, sendo que os valores relativos aos indicadores energéticos estão representados na tabela abaixo.

Tabela 50 - Indicadores energéticos associados à medida de melhoria

	Melhoria	Referência
IEE _s	181,20/m ²	329,53 kWh/m ²
IEE _T	563,58 kWh/m ²	563,58 kWh/m ²
IEE	744,78 kWh/m ²	893,11 kWh/m ²

Com estes valores, procedeu-se à determinação da classe energética associada a esta medida de melhoria através do cálculo do rácio como está descrito na seguinte fórmula:

$$R = \frac{744,78}{893,11} = 0,55 \quad (3.14)$$

Com um rácio de 0,55 e consultando a figura 3.17 é possível concluir que a medida de melhoria associada à iluminação permite uma redução de uma classe energética, passando a fração a ter uma classificação energética B.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 CONCLUSÕES

A elaboração do presente relatório representa o terminar dos estudos relativos á obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil e coincide com a primeira experiência no mundo de trabalho que permitiu não só a aplicação de inúmeros conhecimentos adquiridos ao longo da formação académica bem como a aprendizagem de novos conceitos e metodologias ao mesmo tempo colocando desafios de superação tanto pessoais como profissionais.

Terminado o estágio curricular pode-se concluir que foi uma grande mais-valia ter a oportunidade de estagiar numa empresa que permitiu a um estudante ter contacto com os desafios do dia a dia do mundo de trabalho e de realizar várias tarefas associadas ao desempenho energético de edifícios de habitação e de serviços.

De todos os casos que houve oportunidade de interagir, sem duvida de que os que impõem um maior desafio são aqueles associados a grandes intervenções de edifícios situados em zonas históricas devido a toda uma conjugação de fatores que obrigam a um repensar na forma de agir aquando da elaboração de um projeto de qualquer especialidade, tais como a obrigação de manter a fachada original do edifício, a impossibilidade de colocar palas de sombreamento e proteções solares exteriores, a implementação de energias renováveis dado que a colocação de painéis solares é praticamente impossível devido ao elevado aglomerado de edifícios que provocam obstrução solar, etc. No entanto, são estes mesmos casos que permitem um maior crescimento enquanto profissional.

Como observado no estudo da fração de habitação, a impossibilidade de colocação de isolamento nas paredes exteriores, de utilizar energias renováveis e o facto de se localizar abaixo por serviços e tanto acima como lateralmente por outras frações de habitação, reduzem o numero de medidas de melhoria possíveis de implementar e com impacto significativo no desempenho energético da fração.

Relativamente ao estudo da fração de serviços, termicamente não houve tantos problemas como na fração de habitação dado que a envolvente exterior/interior da fração tem pouco impacto no desempenho energético da fração, sendo a iluminação e os sistemas técnicos os aspetos que mais associados estão às necessidades energéticas de um edifício.

Durante o estágio houve um maior contacto com o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços e com todo o tipo de frações de serviços, desde simples Pequenos Edifícios de Comércio e Serviços sem Climatização até Grandes Edifícios de Serviços. Estudar e elaborar certificados energéticos de Pequenos Edifícios de Comércio e Serviços com Climatização e de Grandes Edifícios de Serviços, sem dúvida que foi o que mais me proporcionou gosto em trabalhar e que representou o maior desafio durante todo o estágio, devido a ser necessário recorrer a software de simulação dinâmica e possuir conhecimentos mecânicos para entender todo o funcionamento de equipamentos relativos a Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado. Foi também necessário receber uma formação para aprender a trabalhar com o programa Trace700 e várias horas de aprendizagem dos diferentes tipos de equipamentos, desde uma simples unidade Split aos mais complexos equipamentos. Como Engenheiro Civil, e dado que ao longo do curso não foi lecionada nenhuma disciplina relativa a estes temas, foi sem dúvida a tarefa mais árdua, mas ao mesmo tempo a mais proveitosa não só por todos os conhecimentos aprendidos como também pela grandiosidade de vários projetos que foram propostos e exemplarmente desenvolvidos.

4.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Visto que o aspeto térmico dos edifícios é algo que se encontra em constante atualização tanto no aspeto regulamentar como a nível de soluções, de futuro seria interessante desenvolver os seguintes temas:

- Estudar em que situações é viável o isolamento térmico em frações/edifícios de habitação sujeitos a grandes intervenções face ao investimento a fazer e ao retorno viável bem como até que ponto o isolamento térmico pelo interior prejudica a inércia térmica e que consequências advêm dessa solução;
- Aprofundar o estudo energético relativo a PEScC e GES, uma vez que o potencial do software de simulação não foi todo alcançado, havendo ainda possibilidade de verificar o impacto do horário de funcionamento dos serviços mediante as tarifas energéticas através da criação de perfis de funcionamento para cada estação do ano, estudo das cargas térmicas associadas a cada espaço e uma maior análise a todos os aspetos associados aos equipamentos de climatização que são possíveis de programar com recurso ao software.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Declaração de Retificação nº2/2014. D.R. 1ª série. 22 (2014/01/31) 761 – 762;
- Declaração de Retificação nº3/2014. D.R. 1ª série. 22 (2014/01/31) 762;
- Declaração de Retificação nº4/2014. D.R. 1ª série. 22 (2014/01/31) 762 – 763;
- Declaração de Retificação nº769/2015. D.R. 2ª série. 174 (2015/09/07) 25772 – 25783;
- Decreto-Lei nº 28/2016. D.R. 1ª série. 119 (2016/06/23) 1945 – 1966;
- Decreto-Lei nº 68-A/2015. D.R. 1ª série. 84 (2015/04/30) 2206-(2) – 2206-(52);
- Decreto-Lei nº 118/2013. D.R. 1ª série. 159 (2013/08/20) 4988 – 5005;
- Decreto-Lei nº 194/2015. D.R. 1ª série. 179 (2015/09/14) 7899 – 7922;
- Decreto-Lei nº 251/2015. D.R. 1ª série. 231 (2015/11/25) 9591 – 9611;
- Despacho nº 15793-C/2013 D.R. 2ª série. 234 (2013/12/03) 35088-(9) - 35088-(12);
- Despacho nº 15793-D/2013. D.R. 2ª série. 234 (2013/12/03) 35088-(13);
- Despacho nº 15793-E/2013. D.R. 2ª série. 234 (2013/12/03) 35088-(14) - 35088-(25);
- Despacho nº 15793-F/2013. D.R. 2ª série. 234 (2013/12/03) 35088-(26) - 35088-(31);
- Despacho nº 15793-G/2013. D.R. 2ª série. 234 (2013/12/03) 35088-(32) - 35088-(35);
- Despacho nº 15793-H/2013. D.R. 2ª série. 234 (2013/12/03) 35088-(36) - 35088-(40);
- Despacho nº 15793-I/2013. D.R. 2ª série. 234 (2013/12/03) 35088-(41) - 35088-(54);
- Despacho nº 15793-J/2013. D.R. 2ª série. 234 (2013/12/03) 35088-(55) - 35088-(57);
- Despacho nº 15793-K/2013. D.R. 2ª série. 234 (2013/12/03) 35088-(58) - 35088-(87);
- Despacho nº 15793-L/2013. D.R. 2ª série. 234 (2013/12/03) 35088-(88);
- Despacho nº 7113/2015. D.R. 2ª série. 124 (2015/06/29) 17351 - 17358;
- Despacho nº 8892/2015. D.R. 2ª série. 155 (2015/11/8) 22501 - 22502;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lei nº 58/2013. D.R. 1ª série. 159 (2013/08/20) 4923 – 4926;
- Portaria nº 349-A/2013. D.R. 1ª série. 232 (2013/11/29) 6624-(13) – 6624-(17);
- Portaria nº 349-B/2013. D.R. 1ª série. 232 (2013/11/29) 6624-(18) – 6624-(29);
- Portaria nº 349-C/2013. D.R. 1ª série. 233 (2013/12/02) 6628-(20) – 6628-(39);
- Portaria nº 349-D/2013. D.R. 1ª série. 233 (2013/12/02) 6628-(40) – 6628-(73);
- Portaria nº 353-A/2013. D.R. 1ª série. 235 (2013/12/04) 6644-(2) – 6644-(9);
- Portaria nº 66/2014. D.R. 1ª série. 50 (2014/12/03) 1840 – 1844;
- Portaria nº 115/2015. D.R. 1ª série. 80 (2015/04/24) 2069 – 2071;
- Portaria nº 379-A/2015. D.R. 1ª série. 207 (2015/10/22) 9196-(14) – 9196-(17);
- Portaria nº 405/2015. D.R. 1ª série. 228 (2015/11/20) 9568 – 9569;
- Portaria nº 17-A/2016. D.R. 1ª série. 24 (2016/02/04) 378-(2) – 378-(56);
- Portaria nº 39/2016. D.R. 1ª série. 46 (2016/03/07) 705 – 706;
- Albuquerque, Inês da Costa – Caracterização dos Consumos Energéticos e Estudo do Potencial de Melhoria da Eficiência Energética em Edifícios de Escritórios. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2013. Relatório de estágio de mestrado;
- Correia, Pedro Júlio – Desempenho Térmico e Energético de Edifícios. Universidade de Aveiro, 2015. Relatório de estágio de mestrado;
- Ferreira, Mário Jorge – Influência dos equipamentos de aquecimento, arrefecimento e AQS na certificação energética de edifícios. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2015. Dissertação de mestrado;
- Gomes, André Gouveia – Estudo dos princípios da eficiência energética de um edifício. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2015. Relatório de estágio de mestrado;
- Gomes, João Pedro – Análise das alterações ao DL 118/2013 ocorridas a 01/01/2016 – Benefício Energético. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2016. Relatório de estágio de mestrado;
- Moreira, Fábio Daniel – Projeto de Comportamento Térmico, Certificação energética e Ensaios acústicos. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014. Relatório de estágio de mestrado;
- dos Santos, Carlos A. Pina; Matias, Luís. Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios: Edifícios - ITE 50. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006.
- Pereira, Alfredo Costa. TRACE 700 - Análise termodinâmica de edifícios. Porto: TRANE.

- Daikin. Catálogo Geral. 2017.
- ITeCons. Catálogo de pontes térmicas lineares. Disponível em:
<http://www.itecons.uc.pt/catalogoptl/index.php?module=catlg>
- Mendes, J. Casimiro et al. Temperaturas exteriores de projeto e número de graus-dias. Lisboa: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1989.
- Palau, Soler &. Entradas de admissão de ar nas fachadas. Disponível em:
http://www.solerpalau.pt/docs/catalogo_general/entradas_fid4474.pdf
- Vulcano. Termoacumulador elétrico. Disponível em:
http://www.vulcano.pt/consumidor/productos/catalogo/producto_1728

ANEXO I – CÁLCULO DA VENTILAÇÃO



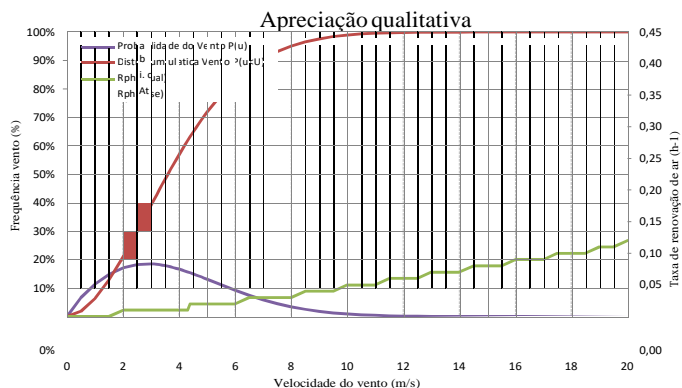
1. Enquadramento do edifício				
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_gran de_reabilitação		Área útil (m2):	42,3
Local (município)	PORTO		Pd (m):	3,55
Região	A		N.º de pisos da fração	1
Rugosidade	I		Velocidade vento	Defeito REH
Altitude do local (m)	94		Vento (u10REH: 3,6) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais		Vol (m3):	150
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim		Texterior (°C)	9,9
Altura do edifício (H _{edif}) em m	13,77		Zref (m)	94
Altura da fração (H _{FA}) em m	10,63		Aenv/Au:	29%
Altura do obstáculo situado em frente (H _{obs}) em m	18		Proteção do edifício:	Protegido
Distância ao obstáculo situado em frente (D _{obs}) em m	13		Zona da fachada:	Inferior
2. Permeabilidade ao ar da envolvente				
Foi medido valor n50	Não			
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:				
Área dos vãos (m2)	12,1914			
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	4			
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem			
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente				
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Sim			
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)				135
4. Conduitas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta				
Conduitas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Sim	Não	Não	Não
Escoamento de ar	Exaustão			
Perda de carga	Baixa			
Altura da conduta (m)	6,14			
Cobertura	Inclinada (10 a 30°)			
Número de condutas semelhantes	1			
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado				
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m3/h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				
Tem sistema de recuperação de calor				
Rendimento da recuperação de calor (%)				
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)				
Existem meios híbridos	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m3/h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				
7. Verão - Recuperador de calor				
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão				
8. Resultados				
8.1 - Balanço de Energia - Edifício				
R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento	0,42			ok
R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento	0,60			
W _{vm} (kWh)	0,0			
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência				
R _{ph,i,REF} (h-1)	0,42			
8.3 - Caudal mínimo de ventilação				
R _{ph} estimada em condições nominais (h-1)	0,42			
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40			
Critério R _{ph} mínimo	Satisfatório			Técnico:
Nota: No Cálculo de R _{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.				
				Data: _____



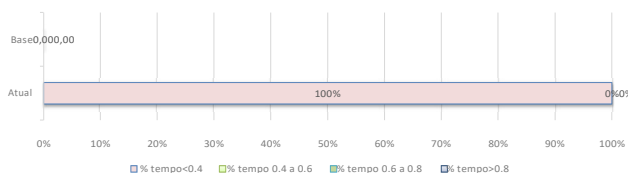
Informação complementar e destinada a auxiliar na avaliação do funcionamento da ventilação e na seleção de eventuais grelhas de ventilação (REH)

1 - Apreciação qualitativa do efeito da variação da velocidade do vento na taxa de renovação de ar

(Ajuda)



Atual: Rph,i=0.03 Rph,medio=0.02 Rph,termica=0.00
Base: Rph,i=0.00 Rph,medio=0.01 Rph,termica=0.00



Rph<0.4:100%; 0.4 a 0.6:0%; 0.6 a 0.8:0%; >0.8:0%

Rph<0.4:100%; 0.4 a 0.6:0%; 0.6 a 0.8:0%; >0.8:0%

2 - Recomendações para a permeabilidade ao ar das janelas e da envolvente (n50)

(Ajuda)

Janelas:

Classe de permeabilidade ao ar das janelas recomendada:	1
---	---

Permeabilidade ao ar da envolvente:

Valor n50 recomendado para construção usual:	2,90
Valor n50 recomendado para construção de elevado desempenho:	1,10
Valor n50 estimado com base na classe de permeabilidade ao ar das janelas e caixas de estore:	0,15

3 - Estimar características das aberturas de admissão de ar da fachada

(Ajuda)

Indicar caudal mínimo de ar novo pretendido (h-1):	0,50
Dimensionar grelhas com Frinchas?	Não

Caudal nominal das grelhas:	135 m3/h
Grelhas auto-reguláveis a não mais de:	20 Pa

Valores calculados para os diversos tipos de grelhas	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa
Caudal nominal das grelhas (m3/h)	0 cm2	0 m3/h	0 m3/h	0 m3/h
Caudal nominal das grelhas/Volume da fração (h-1)	0 cm2	0 h-1	0 h-1	0 h-1

Isolamento sonoro: Avaliar para um compartimento, o mais desfavorável e com maior área envidraçada. Ajustar valores nas células a amarelo.

Zona	Sensível	Area da fachada (m2)	7,5
Correção	Ctr	Area da janela (m2)	2,3
Tipo folhas:	Deslizar	Vol. compartimento (m3)	40,5
Tipo vidro	4-6-4 (30,-1,-3)		
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1		
Grelha de ventilação	Com atenuação aberta (36,-1,-3)		
Tipo de parede	Dupla 11+15 (50dB)		
	A	Rw (Ctr)	
	(m2)	(dB)	
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1	37	Rw vidro
Vedação das juntas janela vão (k)	Boa		C
Janela (Área (m2)/Rw(Ctr))	2,3	26	Ctr
Parede (Área (m2)/Rw(Ctr))	5,3	50	IGU Rw+Correção
Fachada (Área (m2)/Rw(Ctr))	7,5	30	Janela Rw+Correção
Fachada D2m,n,T,W (dB)		28	
Resultados: isolamento sonoro			
Isolamento fachada (D2m,n,T,W)	28		
Isolamento mínimo requerido (D2m,n,T,W)	28	Satisfatório	

Síntese:

Grelhas auto-reguláveis a 20 Pa com caudal nominal total de 135 (m3/h). As grelhas devem ser 'uniformemente' distribuídas pelas diferentes fachadas. As grelhas devem ter um isolamento sonoro (Dnei) não inferior a 36 (-1,-3) dB.

ANEXO II – RELATÓRIO ENERGÉTICO DA FRAÇÃO A

Folha de Cálculo A

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR

A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR

PAREDES EXTERIORES	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	PAREDES EXTERIORES <i>correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil</i>	Área A m ²	U _{ref} W/m ² .°C	U.A W/°C
PDE1	15,63	2,57	40,18	PDE1	15,63	0,50	7,82
PDE2	4,98	0,47	2,34	PDE2	4,98	0,50	2,49
		TOTAL	42,53			TOTAL	12,17

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
		TOTAL	0,00			TOTAL	0,00

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U _{ascendente} W/m ² .°C	U.A W/°C	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U _{ascendente} W/m ² .°C	U.A W/°C
CBE1	18,23	0,37	6,67	CBE1	18,23	0,40	7,29
		TOTAL	6,67			TOTAL	7,29

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
1 (VE1)	0,97	1,32	1,28	1 (VE1)	0,67	2,80	1,89
2 (VE1)	2,07	1,32	2,73	2 (VE1)	1,44	2,80	4,02
3 (VE1)	0,97	1,32	1,28	3 (VE1)	0,67	2,80	1,89
4 (VE1)	2,28	1,32	3,01	4 (VE1)	1,58	2,80	4,42
5 (VE1)	4,10	1,32	5,41	5 (VE1)	2,84	2,80	7,96
6 (VE1)	1,80	1,32	2,38	6 (VE1)	1,25	2,80	3,50
		TOTAL	16,09			TOTAL	23,68

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C
Fachada com cobertura	7,33	0,70	5,13	Fachada com cobertura	7,33	0,50	3,67
Fachada com pavimento intermédio	1,91	0,70	1,34	Fachada com pavimento intermédio	1,91	0,50	0,96
Fachada com caixilharia	36,14	0,30	10,84	Fachada com caixilharia	36,14	0,20	7,23
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	9,24	0,70	6,47	Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	9,24	0,50	4,62
Dois paredes verticais em ângulo saliente	1,78	0,50	0,89	Dois paredes verticais em ângulo saliente	1,78	0,40	0,71
		TOTAL	24,67			TOTAL	17,18

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H_{ext} = 89,96 W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H_{ext} = 60,33 W/°C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR

A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR

PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C
PDI1	27,09	0,46	0,90	11,21	PDI1	27,09	0,50	0,90	12,19
		TOTAL		11,21			TOTAL		12,19

PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C
PDI2	25,74	2,22	0,60	34,28	PDI2	25,74	0,80	0,60	12,35

				TOTAL	34,28					TOTAL	12,35	
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS							
	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C		Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C			
PV11	43,97	0,36	1,00	15,83	PV11	43,97	0,40	1,00	17,59			
				TOTAL	15,83					TOTAL	17,59	
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)					COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)							
	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C		Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C			
				TOTAL	0,00					TOTAL	0,00	
VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS							
	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C		Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C			
				TOTAL	0,00					TOTAL	0,00	
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.					VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.							
	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C		Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{tr}	U.A.b _{tr} W/°C			
				TOTAL	0,00					TOTAL	0,00	
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _{tr} > 0,7)					PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _{tr} > 0,7)							
	Comp. B m	ψ W/m.°C	b _{tr}	ψ.B.b _{tr} W/°C		Comp. B m	ψ W/m.°C	b _{tr}	ψ.B.b _{tr} W/°C			
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	8,47	0,75	0,90	5,72	Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	8,47	0,50	0,90	3,81			
Fachada com pavimento intermédio	8,47	0,60	0,90	4,57	Fachada com pavimento intermédio	8,47	0,50	0,90	3,81			
Duas paredes verticais em ângulo saliente	5,33	0,10	0,90	0,48	Duas paredes verticais em ângulo saliente	5,33	0,40	0,90	1,92			
				TOTAL	10,77					TOTAL	9,54	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H _{int}					72,10	Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H _{int}					W/°C	
A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO					A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO							
PAREDES ENTERRADAS					PAREDES ENTERRADAS							
	Área m ²	U _{bw} W/m ² .°C	A.U _{bw} W/°C			Área m	U _{bw} W/m ² .°C	A.U _{bw} W/°C				
				TOTAL	0,00					TOTAL	0,00	
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade ≥ 0).</i>					PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade ≥ 0).</i>							
	Área m ²	U _{bt} W/m ² .°C	A.U _{bt} W/°C			Área m	U _{bt} W/m ² .°C	A.U _{bt} W/°C				
				TOTAL	0,00					TOTAL	0,00	
PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade ≥ 0) com ou sem</i>					PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade ≥ 0) com ou sem isolamentos</i>							
	Área m ²	U _f W/m ² .°C	A.U _f W/°C			Área m	U _f W/m ² .°C	A.U _f W/°C				
				TOTAL	0,00					TOTAL	0,00	
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H _{ecs}					W/°C	Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H _{ecs REF}					W/°C	

$$\begin{aligned} & \text{Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo } H_{\text{ec1}} \frac{+}{0,00} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{\text{tr}} \frac{=}{162,05} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & \text{Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior } H_{\text{ext}} \frac{89,96}{+} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior } H_{\text{int}} \frac{37,81}{+} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo } H_{\text{ec1}} \frac{0,00}{=} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{\text{tr}} \frac{127,77}{=} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo } H_{\text{ec1 REF}} \frac{+}{0,00} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{\text{tr REF}} \frac{=}{112,00} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned} & \text{Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior } H_{\text{ext REF}} \frac{60,33}{+} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior } H_{\text{int REF}} \frac{39,32}{+} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo } H_{\text{ec1 REF}} \frac{0,00}{=} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ & \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{\text{tr REF}} \frac{99,65}{=} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 1 \\
 - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RCJ} \boxed{0,00} \\
 \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{in} \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\
 \div \\
 R_{ph,J} \cdot A_p \cdot P_d \boxed{68,15} \text{ m}^3/\text{h} \\
 = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} \boxed{1,00} \\
 \times \\
 0,34 \\
 \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,J} \boxed{0,45} \text{ h}^{-1} \\
 \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \boxed{42,29} \text{ m}^2 \\
 \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \boxed{3,55} \text{ m} \\
 = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,J} \boxed{23,17} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 0,34 \\
 \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,J REF} \boxed{0,45} \text{ h}^{-1} \\
 \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \boxed{42,29} \text{ m}^2 \\
 \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \boxed{3,55} \text{ m} \\
 = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,J REF} \boxed{23,17} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 1 \\
 - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,V} \boxed{0} \\
 \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{in} \boxed{0} \text{ m}^3/\text{h} \\
 \div \\
 R_{ph,V} \cdot A_p \cdot P_d \boxed{90,08} \text{ m}^3/\text{h} \\
 = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} \boxed{1,00} \\
 \times \\
 0,34 \\
 \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,V} \boxed{0,60} \text{ h}^{-1} \\
 \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p \boxed{42,29} \text{ m}^2 \\
 \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d \boxed{3,55} \text{ m} \\
 = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,V} \boxed{30,63} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned} & 0,72 \\ & \times \\ \text{Ganhos internos médios } q_{int} & \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\ & \times \\ \text{Duração da estação de aquecimento } M & \boxed{6,20} \text{ meses} \\ & \times \\ \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{42,29} \text{ m}^2 \\ & = \\ \text{Ganhos internos brutos } Q_{int,U} & \boxed{755,13} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno ξ_i	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{o,U} = F_{o,N} \cdot F_{o,E} \cdot F_{o,U}$	Fracção Envidraçada F_R	Área efectiva colectora $A_{e,U} = A_w \cdot F_{o,U} \cdot F_R \cdot \xi_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{e,U}$ m ²
1 (VE1)	Oeste	0,19	0,97	0,52	0,65	0,06	0,56	0,03
2 (VE1)	Oeste	0,19	2,07	0,52	0,65	0,13	0,56	0,07
3 (VE1)	Oeste	0,19	0,97	0,45	0,65	0,05	0,56	0,03
4 (VE1)	Oeste	0,19	2,28	0,52	0,65	0,15	0,56	0,08
5 (VE1)	Oeste	0,19	4,10	0,52	0,65	0,26	0,56	0,15
6 (VE1)	Este	0,19	1,80	0,27	0,65	0,06	0,56	0,06
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Em nenhum caso o produto $X_i \cdot F_{o,U} \cdot F_R \cdot F_i$ deve ser menor que 0,27;

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_{o,U} \cdot F_i$ deve ser inferior ou igual a 0,9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

TOTAL

0,43

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $\xi_i \cdot \xi_{LNU}$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{o,U} = F_{o,N} \cdot F_{o,E} \cdot F_{o,U}$	Fracção Envidraçada $F_R \cdot F_{R(LNU)}$	Área efectiva colectora $A_{e,U} = A_w \cdot F_{o,U} \cdot F_R \cdot \xi_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{e,U}$ m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	-
							TOTAL	0,00

No cálculo de g_{int} e g_{LNU} não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, g_i será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{i,W}$, afectado do factor de seletividade angular $F_{W,U}$.

$$\begin{aligned} & \text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul} \boxed{0,43} \text{ m}^2 \\ & \times \\ \text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{s,U} & \boxed{130} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\ & \times \\ \text{Duração da estação de aquecimento } M & \boxed{6,20} \text{ meses} \\ & = \\ \text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,U} & \boxed{346,75} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{int,i} \quad 755,13 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,i} \quad 346,75 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{gt,i} \quad 1101,88 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{v,v} \quad 130 \quad \text{kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\quad 0,146 \\
 &\quad \times \\
 &\quad 0,15 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 42,29 \quad \text{m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \quad 6,20 \quad \text{meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,r} \quad 746,48 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{int,r} \quad 755,13 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{gt,r} \quad 1501,607946 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned} & \text{Ganhos internos médios } q_{int} = 4 \text{ W/m}^2 \\ & \times \\ & \text{Duração da estação de arrefecimento } L_v = 2928 \text{ horas} \\ & \times \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p = 42,29 \text{ m}^2 \\ & = \\ & \text{Ganhos internos brutos } Q_{int,v} = 495,30 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F _g	Factor Sel. angular F _{w,v}	Fracção Tempo Prot. Móveis activos F _{m,v}	FS Global Prot. Moveis e Perm. g _{tr}	FS Global Prot. Perm. g _{tp}	FS de Verão g _v =F _{m,v} ·g _{tr} +(1-F _{m,v})·g _{tp}	Área Efectiva A _{e,v} =A _w ·F _g ·g _v	Factor de Obstrução F _{o,v} =F _{h,v} ·F _{o,v} ·F _{cv}	Intensidade da Radiação I _{sol}	I _{sol} ·F _{o,v} ·A _e
												kWh/ano	
1 (VE1)	Oeste	0,97	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,10	0,18	0,13	0,08	0,90	490,00	36,50
2 (VE1)	Oeste	2,07	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,10	0,18	0,13	0,18	0,90	490,00	77,97
3 (VE1)	Oeste	0,97	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,10	0,18	0,13	0,08	0,87	490,00	35,47
4 (VE1)	Oeste	2,28	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,10	0,18	0,13	0,19	0,90	490,00	85,77
5 (VE1)	Oeste	4,10	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,10	0,18	0,13	0,35	0,90	490,00	154,38
6 (VE1)	Este	1,80	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,10	0,18	0,13	0,15	0,46	490,00	34,64
												TOTAL	424,72

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F _g	Factor Sel. angular F _{w,v}	Fracção Tempo Prot. Móveis activos F _{m,v}	FS de Verão do vão interior g _{v,INT}	FS de Verão do vão do ENU g _{v,ENU}	Área Efectiva A _{e,v} =A _w ·F _g ·g _{v,INT} ·g _{v,ENU}	Factor de Obstrução F _{o,v} =F _{h,v} ·F _{o,v} ·F _{cv}	Intensidade da Radiação I _{sol}	I _{sol} ·F _{o,v} ·A _e	
												kWh/ano	
Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores F _{o,v} é igual a 1.													
Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de protecção solar permanentes o factor solar g _{v,ENU} é igual a 1.													
												TOTAL	0,00

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coeficiente de absorção α	Área A _{op} m ²	U W/m ² ·°C	R _{se} (m ² ·°C)/W	Área efectiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se} m ²	Factor de Obstrução F _o =F _h ·F _o ·F _{cv}	Intensidade da Radiação I _{sol}	I _{sol} ·F _o ·A _e	
									kWh/m ² ·ano	kWh/ano
PDE1	Oeste	0,40	15,63	2,57	0,04	0,64	0,90	490,00	283,55	
	Este	0,40	4,98	0,47	0,04	0,04	0,90	490,00	16,52	
									TOTAL	300,06
COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coeficiente de absorção α	Área A _{op} m ²	U W/m ² ·°C	R _{se} (m ² ·°C)/W	Área efectiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se} m ²	Factor de Obstrução F _o	Intensidade da Radiação I _{sol}	I _{sol} ·F _o ·A _e	
									kWh/m ² ·ano	kWh/ano
CBE1	Horizontal	0,40	18,23	0,36	0,04	0,10	1,00	800,00	83,30	
										TOTAL
COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coeficiente de absorção α	Área A _{op} m ²	U W/m ² ·°C	R _{se} (m ² ·°C)/W	Área efectiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se} m ²	Factor de Obstrução F _o	Intensidade da Radiação I _{sol}	I _{sol} ·F _o ·A _e	
									kWh/m ² ·ano	kWh/ano
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-	
										TOTAL
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coeficiente de absorção α	Área A _{op} m ²	U W/m ² ·°C	R _{se} (m ² ·°C)/W	Área efectiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se} m ²	Factor de Obstrução F _o =F _h ·F _o ·F _{cv}	Intensidade da Radiação I _{sol}	I _{sol} ·F _o ·A _e	
									kWh/m ² ·ano	kWh/ano
-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	
										TOTAL

$$\begin{aligned} & \text{Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada} = 424,72 \text{ kWh/ano} \\ & + \\ & \text{Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca} = 383,37 \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{Ganhos Solares brutos } Q_{sol,v} = 808,09 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned} & \text{Ganhos internos brutos } Q_{int,v} = 495,30 \text{ kWh/ano} \\ & + \\ & \text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,v} = 808,09 \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} = 1303,39 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} & \text{Ganhos internos médios } q_{int} = 4 \text{ W/m}^2 \\ & \times \\ & \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v = 2928 \text{ horas} \\ & + \\ & 1000 \\ & + \\ & \text{factor solar de verão de referência } g_{v,REF} = 0,43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_w/A_p \text{ REF} &= \frac{x}{0,2} \\
 \text{Radiação solar média de referência } I_{\text{solREF}} &= \frac{x}{490} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \\
 &= \frac{53,85}{x} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \\
 \text{Área útil de Pavimento } A_p &= \frac{42,29}{x} \text{ m}^2 \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,\text{REF}} &= \frac{2277,40}{x} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 162,05 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{w,a} \quad 23,17 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r} \quad 185,23 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &x \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,250 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &x \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 162,05 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr} \quad 4\,861,64 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &x \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,250 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &x \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{w,a} \quad 23,17 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{w,a} \quad 695,16 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Média} \\ &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{k,i} \quad 1101,88 \text{ kWh/ano} \\ &+ \\ &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr} + Q_{w,a} \quad 5556,80 \text{ kWh/ano} \\ &= \\ &\text{parâmetro } \gamma_i \quad 0,20 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 112,00 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{w,a,REF} \quad 23,17 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r,REF} \quad 135,17 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &x \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,250 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &x \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad 112,00 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,REF} \quad 3359,97 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &x \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad 1\,250 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &x \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{w,a,REF} \quad 23,17 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{w,a,REF} \quad 695,16 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{array}{rcl}
 \text{parâmetro } a_i & \boxed{2,60} & \text{W/}^\circ\text{C} \\
 \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i & \boxed{0,99} & \\
 & \times & \\
 \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} & \boxed{1101,88} & \text{kWh/ano} \\
 & = & \\
 \text{Ganhos totais úteis } Q_{g,u} & \boxed{1088,68} & \text{kWh/ano}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i,REF} & \boxed{0,6} & \\
 & \times & \\
 \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i,REF} & \boxed{1501,61} & \text{kWh/ano} \\
 & = & \\
 \text{Ganhos totais úteis } Q_{g,u,REF} & \boxed{900,96} & \text{kWh/ano}
 \end{array}$$

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{t,e} & \boxed{4861,64} & \text{kWh/ano} \\
 & + & \\
 \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{r,e} & \boxed{695,16} & \text{kWh/ano} \\
 & - & \\
 \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{g,u} & \boxed{1088,68} & \text{kWh/ano} \\
 & = & \\
 \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} & \boxed{4468,12} & \text{kWh/ano} \\
 & \div & \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{42,29} & \text{m}^2 \\
 & = & \\
 \text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{e,u} & \boxed{105,65} & \text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{array}$$

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{t,e,REF} & \boxed{3359,97} & \text{kWh/ano} \\
 & + & \\
 \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{r,e,REF} & \boxed{695,16} & \text{kWh/ano} \\
 & - & \\
 \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{g,u,REF} & \boxed{900,96} & \text{kWh/ano} \\
 & = & \\
 \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} & \boxed{3154,17} & \text{kWh/ano} \\
 & \div & \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{42,29} & \text{m}^2 \\
 & = & \\
 \text{Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{e,u} & \boxed{74,58} & \text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{array}$$

Folha de Cálculo F

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 127,77 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ra,v} \quad 30,63 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 158,40 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 127,77 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 1\,533,88 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ra,v} \quad 30,63 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ra,v} \quad 367,66 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Média} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad 1303,39 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{e,v} + Q_{r,v} = 1901,55 \text{ kWh/ano} \\
 & \text{parâmetro } \gamma_v = 0,69 \\
 & \text{parâmetro } a_v = 2,60 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 & \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v = 0,84
 \end{aligned}$$

$$\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v = 0,83$$

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_v) = 0,16 \\
 & \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} = 1303,39 \text{ kWh/ano} \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p = 42,29 \text{ m}^2 \\
 & \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{v,u} = 4,89 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_{v,REF}) = 0,17 \\
 & \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} = 2277,40 \text{ kWh/ano} \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p = 42,29 \text{ m}^2 \\
 & \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{v,l} = 9,13 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_u kWh/m ² .ano	f_i	δ	Eficiência Nominal η_i	Factor de Conversão F_{pu} kWh _{ep} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_u / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_u \cdot F_{pu} / \eta_i$ kWh _{ep} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{i,REF}$ kWh/m ² .ano	f_i	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,REF}$	Factor de Conversão F_{pu} kWh _{ep} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_u \cdot F_{pu} / \eta_i$ kWh _{ep} /m ² .ano	
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		1		4468,12	264,14	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	1		186,46	
TOTAL								4468,12	264,14	TOTAL						186,46

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_u kWh/m ² .ano	f_r	δ	Eficiência Nominal η_r	Factor de Conversão F_{pur} kWh _{ep} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_r \cdot \delta \cdot N_u / \eta_r \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_r \cdot \delta \cdot N_u \cdot F_{pur} / \eta_r$ kWh _{ep} /m ² .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{r,REF}$ kWh/m ² .ano	f_r	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{r,REF}$	Factor de Conversão F_{pur} kWh _{ep} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_r \cdot N_u \cdot F_{pur} / \eta_r$ kWh _{ep} /m ² .ano	
Sistema por defeito	Electricidade		1,00		3		0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		1,00	3		7,61	
TOTAL								0,00	0,00	TOTAL						7,61

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência M_{AQD} l

40 ocupantes

factor de eficiência hídrica =

consumo médio diário de referência $MAQS$ l

aumento de temperatura ΔT °C

nº de dias de consumo dias

3600000

A_p m²

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p kWh/m².ano

CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS

consumo médio diário de referência M_{AQD} l

40 ocupantes

factor de eficiência hídrica =

consumo médio diário de referência $MAQS$ l

aumento de temperatura ΔT °C

nº de dias de consumo dias

3600000

A_p m²

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p kWh/m².ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil Q_u/A_p kWh/m ² .ano	f_a	δ	Eficiência Nominal η_a	Factor de Conversão F_{pa} kWh _{ep} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pa} / \eta_a$ kWh _{ep} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,REF}/A_p$ kWh/m ² .ano	f_a	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,REF}$	Factor de Conversão F_{pa} kWh _{ep} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{pa} / \eta_a$ kWh _{ep} /m ² .ano	
Sistema 1	Electricidade	28,11	1,00	1	0,86		1390,23	82,18	Sistema 1	Electricidade	28,11	1,00	0,95		73,97	
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95		2,5	0,00	Sistema por defeito	Electricidade		0,00	0,95		0,00	
TOTAL								1390,23	82,18	TOTAL						73,97

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{vm} kWh/ano

Área útil de Pavimento A_p m²

Factor de Conversão F_{pv} kWh_{ep}/kWh

Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação kWh_{ep}/m².ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{w}/A_p kWh/m ² .ano	Factor de Conversão F_{pv} kWh _{ep} /kWh	Energia primária $E_{w,REF}/F_{pv}$ kWh _{ep} /m ² .ano
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

Bombas de Calor	Renovável Térmica	0,00	1	0,00
	-	0,00	-	-
TOTAL				0,00

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento	264,14	kWh _{tp} /m ² .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	0,00	kWh _{tp} /m ² .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQS	82,18	kWh _{tp} /m ² .ano
	+	
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh _{tp} /m ² .ano
	-	
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	0,00	kWh _{tp} /m ² .ano
	=	
Necessidades nominais anuais globais de energia primária N _g	346,32	kWh _{tp} /m ² .ano

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento	186,46	kWh _{tp} /m ² .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento	7,61	kWh _{tp} /m ² .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQS	73,97	kWh _{tp} /m ² .ano
	=	
Límite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N _l	268,04	kWh _{tp} /m ² .ano

ANEXO III - RELATÓRIO ENERGÉTICO DA FRAÇÃO A APÓS MEDIDA DE MELHORIA

Folha de Cálculo A

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
PAREDES EXTERIORES	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	PAREDES EXTERIORES	Área A m ²	U _{ref} W/m ² .°C	U.A W/°C
PDE1	15,63	2,57	40,18	correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil	3,73	0,30	1,07
PDE2	4,98	0,47	2,34	PDE1	15,63	0,30	4,68
				PDE2	4,98	0,30	1,49
				-	-	-	-
			TOTAL				TOTAL
			42,53				12,17

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
			TOTAL				TOTAL
			0,00				0,00

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U _{reduzida} W/m ² .°C	U.A W/°C	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U _{reduzida} W/m ² .°C	U.A W/°C
CBE1	18,23	0,37	6,67	CBE1	18,23	0,40	7,29
			TOTAL				TOTAL
			6,67				7,29

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
1 (VE1)	0,97	1,32	1,28	1 (VE1)	0,67	2,80	1,89
2 (VE1)	2,07	1,32	2,73	2 (VE1)	1,44	2,80	4,02
3 (VE1)	0,97	1,32	1,28	3 (VE1)	0,67	2,80	1,89
4 (VE1)	2,28	1,32	3,01	4 (VE1)	1,58	2,80	4,42
5 (VE1)	4,10	1,32	5,41	5 (VE1)	2,84	2,80	7,96
6 (VE1)	1,80	1,32	2,38	6 (VE1)	1,23	2,80	3,50
			TOTAL				TOTAL
			16,09				23,68

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
			TOTAL				TOTAL
			0,00				0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C
Fachada com cobertura	7,33	0,70	5,13	Fachada com cobertura	7,33	0,30	2,20
Fachada com pavimento intermédio	1,91	0,70	1,34	Fachada com pavimento intermédio	1,91	0,30	0,57
Fachada com caixilharia	36,14	0,30	10,84	Fachada com caixilharia	36,14	0,20	7,23
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	9,24	0,70	6,47	Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	9,24	0,30	2,77
Dois paredes verticais em ângulo saliente	1,78	0,30	0,53	Dois paredes verticais em ângulo saliente	1,78	0,40	0,71
			TOTAL				TOTAL
			24,67				17,18

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pelo envolvente exterior H_{ext} = 89,96 W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pelo envolvente exterior H_{ext} = 60,33 W/°C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR					
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{iv}	U.A.b _{iv} W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{iv}	U.A.b _{iv} W/°C
PD11	27,09	0,46	0,90	11,21	PD11	27,09	0,50	0,90	12,19
			TOTAL					TOTAL	
				11,21					12,19

PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{iv}	U.A.b _{iv} W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _{iv}	U.A.b _{iv} W/°C
PD12	25,74	2,22	0,60	34,28	PD12	25,74	0,80	0,60	12,35

PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS				
	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _v	U.A.b _v W/°C		Área A m ²	U W/m ² .°C	b _v	U.A.b _v W/°C
PVI1	43,97	0,36	1,00	15,83	PVI1	43,97	0,40	1,00	17,59
TOTAL					TOTAL				
TOTAL					TOTAL				
TOTAL					TOTAL				

COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)					COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)				
	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _v	U.A.b _v W/°C		Área A m ²	U W/m ² .°C	b _v	U.A.b _v W/°C
TOTAL					TOTAL				
TOTAL					TOTAL				

VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS					VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS				
	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _v	U.A.b _v W/°C		Área A m ²	U W/m ² .°C	b _v	U.A.b _v W/°C
TOTAL					TOTAL				
TOTAL					TOTAL				

VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.					VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.				
	Área A m ²	U W/m ² .°C	b _v	U.A.b _v W/°C		Área A m ²	U W/m ² .°C	b _v	U.A.b _v W/°C
TOTAL					TOTAL				
TOTAL					TOTAL				

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _v > 0,7)					PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b _v > 0,7)				
	Comp. B m	ψ W/m.°C	b _v	ψ.B.b _v W/°C		Comp. B m	ψ W/m.°C	b _v	ψ.B.b _v W/°C
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	8,47	0,70	0,90	5,34	Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	8,47	0,50	0,90	3,81
Fachada com pavimento intermédio	8,47	0,70	0,90	5,34	Fachada com pavimento intermédio	8,47	0,50	0,90	3,81
Dois paredes verticais em ângulo saliente	5,33	0,50	0,90	2,40	Dois paredes verticais em ângulo saliente	5,33	0,40	0,90	1,92
		#N/D					#N/D		
TOTAL					TOTAL				
TOTAL					TOTAL				

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pelo envoltório interior H_{int} = 74,40 W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pelo envoltório interior H_{int} = 51,67 W/°C

A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO			
	Área m ²	U _{so} W/m ² .°C	A.U _{so} W/°C		Área m	U _{so} W/m ² .°C	A.U _{so} W/°C
PAREDES ENTERRADAS				PAREDES ENTERRADAS			
TOTAL				TOTAL			
TOTAL				TOTAL			

PAVIMENTOS ENTERRADOS				PAVIMENTOS ENTERRADOS			
	Área m ²	U _v W/m ² .°C	A.U _v W/°C		Área m	U _v W/m ² .°C	A.U _v W/°C
Inclui os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z > 0).				Inclui os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z > 0).			
TOTAL				TOTAL			
TOTAL				TOTAL			

PAVIMENTOS TÊRREOS				PAVIMENTOS TÊRREOS			
	Área m ²	U _t W/m ² .°C	A.U _t W/°C		Área m	U _t W/m ² .°C	A.U _t W/°C
Inclui os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem				Inclui os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem			
TOTAL				TOTAL			
TOTAL				TOTAL			

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{so} = 0,00 W/°C

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{so} = 0,00 W/°C

A.4 - COEFFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO

A.9 - COEFFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através do envoltório exterior H_{ext} = 89,96 W/°C

Coefficiente de transferência de calor através do envoltório exterior H_{ext} = 60,33 W/°C

Coefficiente de transferência de calor através do envoltório interior H_{ext} + H_{int} = 74,40 W/°C

Coefficiente de transferência de calor através do envoltório interior H_{ext} + H_{int} = 51,67 W/°C

Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{s,ext}$ $\frac{0,00}{=}$ W/°C
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ext}$ $\frac{164,35}{=}$ W/°C

A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

Coeficiente de transferência de calor através de envolvente exterior H_{ext} $\frac{89,96}{+}$ W/°C
 Coeficiente de transferência de calor através de envolvente interior H_{int} $\frac{40,11}{+}$ W/°C
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{s,ext}$ $\frac{0,00}{=}$ W/°C
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ext}$ $\frac{130,07}{=}$ W/°C

Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{s,ext}$ $\frac{0,00}{=}$ W/°C
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ext}$ $\frac{112,00}{=}$ W/°C

A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

Coeficiente de transferência de calor através de envolvente exterior H_{ext} $\frac{60,33}{+}$ W/°C
 Coeficiente de transferência de calor através de envolvente interior H_{int} $\frac{39,32}{+}$ W/°C
 Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{s,ext}$ $\frac{0,00}{=}$ W/°C
 Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{t,ext}$ $\frac{99,65}{=}$ W/°C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & 1 \\
 & - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,j} & \quad 0,00 \\
 & \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} & \quad 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & \div \\
 R_{ph,j}, A_p, P_d & \quad 63,05 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} & \quad 1,00 \\
 & \times \\
 & \quad 0,34 \\
 & \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,j} & \quad 0,42 \text{ h}^{-1} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad 42,29 \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d & \quad 3,55 \text{ m} \\
 & = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,j} & \quad 21,44 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & \quad \quad \quad 0,34 \\
 & \quad \quad \quad \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,j,REF} & \quad 0,42 \text{ h}^{-1} \\
 & \quad \quad \quad \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad 42,29 \text{ m}^2 \\
 & \quad \quad \quad \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d & \quad 3,55 \text{ m} \\
 & \quad \quad \quad = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,j,REF} & \quad 21,44 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & 1 \\
 & - \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} & \quad 0 \\
 & \times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} & \quad 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & \div \\
 R_{ph,v}, A_p, P_d & \quad 90,08 \text{ m}^3/\text{h} \\
 & = \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} & \quad 1,00 \\
 & \times \\
 & \quad 0,34 \\
 & \times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} & \quad 0,60 \text{ h}^{-1} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \quad 42,29 \text{ m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d & \quad 3,55 \text{ m} \\
 & = \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} & \quad 30,63 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & 0,72 \\
 & \times \\
 \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} & \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\
 & \times \\
 \text{Duração da estação de aquecimento } M & \boxed{6,20} \text{ meses} \\
 & \times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{42,29} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},j} & \boxed{755,13} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno ξ_i	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{o,j}=F_{i,j} \cdot F_{a,j} \cdot F_{l,j}$	Fracção Envidraçada F_k	Área efectiva colectora $A_{e,j}=A_w \cdot F_{o,j} \cdot F_k \cdot \xi_i$ m ²	Factor de Orientação χ	Área Efectiva colectora a Sul $\chi \cdot A_{e,j}$ m ²
1 (VE1)	Oeste	0,19	0,97	0,52	0,65	0,06	0,56	0,03
2 (VE1)	Oeste	0,19	2,07	0,52	0,65	0,13	0,56	0,07
3 (VE1)	Oeste	0,19	0,97	0,45	0,65	0,05	0,56	0,03
4 (VE1)	Oeste	0,19	2,28	0,52	0,65	0,15	0,56	0,08
5 (VE1)	Oeste	0,19	4,10	0,52	0,65	0,26	0,56	0,15
6 (VE1)	Este	0,19	1,80	0,27	0,65	0,06	0,56	0,06
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Em nenhum caso o produto $\chi_j \cdot F_{o,j} \cdot F_{a,j} \cdot F_{l,j}$ deve ser menor que 0,27;

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_{o,j} \cdot F_{l,j}$ deve ser inferior ou igual a 0,9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $\xi_i \cdot \xi_{i,ENU}$	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{o,j}=F_{i,j} \cdot F_{a,j} \cdot F_{l,j}$	Fracção Envidraçada $F_k \cdot F_{k,ENU}$	Área efectiva colectora $A_{e,j}=A_w \cdot F_{o,j} \cdot F_k \cdot \xi_i$ m ²	Factor de Orientação χ	Área Efectiva colectora a Sul $\chi \cdot A_{e,j}$ m ²
-	-	-	-	-	-	-	-	-

No cálculo de $g_{\perp, \text{int}}$ e $g_{\perp, \text{ENU}}$ não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, g_j será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{\perp, \text{vit}}$, afectado do factor de seletividade angular $F_{w,j}$.

TOTAL

0,43

TOTAL

0,00

$$\text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul } \boxed{0,43} \text{ m}^2$$

$$\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sol}} \boxed{130} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mês}$$

$$\text{Duração da estação de aquecimento } M \boxed{6,20} \text{ meses}$$

$$\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},j} \boxed{346,75} \text{ kWh/ano}$$

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \quad 755,13 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad 346,75 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},i} \quad 1101,88 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sol}} \quad 130 \quad \text{kWh/m}^2 \cdot \text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\quad \quad 0,146 \\
 &\quad \quad \times \\
 &\quad \quad \quad 0,15 \\
 &\quad \quad \quad \times \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 42,29 \quad \text{m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \quad 6,20 \quad \text{meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},j} \quad 746,48 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},j} \quad 755,13 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{\text{g},j} \quad 1501,607946 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo D

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

D.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned} & \text{Ganhos internos médios } q_{int} = 4 \text{ W/m}^2 \\ & \times \\ & \text{Duração da estação de arrefecimento } L_v = 2928 \text{ horas} \\ & \times \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p = 42,29 \text{ m}^2 \\ & + \\ & 1000 \\ & = \\ & \text{Ganhos internos brutos } Q_{int,v} = 495,30 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F _g	Factor Sel. angular F _{w,v}	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F _{m,v}	FS Global Prot. Móveis e Perm. δ _{tr}	FS Global Prot. Perm. δ _{tp}	FS de Verão δ _v =F _{m,v} ·δ _{tr} +(1-F _{m,v})·δ _{tp}	Área Efectiva A _{e,v} =A _v ·F _g ·δ _v	Factor de Obstrução F _{s,v} =F _{N,v} ·F _{o,v} ·F _{t,v}	Intensidade da Radiação I _{sol}	I _{sol} ·F _{s,v} ·A _e
												kWh/m ² ·ano	kWh/ano
1 (VE1)	Oeste	0,97	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,10	0,18	0,13	0,08	0,90	490,00	36,50
2 (VE1)	Oeste	2,07	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,10	0,18	0,13	0,18	0,90	490,00	77,97
3 (VE1)	Oeste	0,97	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,10	0,18	0,13	0,08	0,87	490,00	35,47
4 (VE1)	Oeste	2,28	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,10	0,18	0,13	0,19	0,90	490,00	85,77
5 (VE1)	Oeste	4,10	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,10	0,18	0,13	0,35	0,90	490,00	154,38
6 (VE1)	Este	1,80	Duplo	0,65	0,85	0,60	0,10	0,18	0,13	0,15	0,46	490,00	34,64
												TOTAL	424,72

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m ²	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada F _g	Factor Sel. angular F _{w,v}	Fracção Tempo Prot. Móveis activas F _{m,v}	FS de Verão do vão interior δ _{v,int}	FS de Verão do vão do ENU δ _{v,ENU}	δ _{v,int} ·δ _{v,ENU}	Área Efectiva A _{e,v} =A _v ·F _g ·δ _{v,int} ·δ _{v,ENU}	Factor de Obstrução F _{s,v} =F _{N,v} ·F _{o,v} ·F _{t,v}	Intensidade da Radiação I _{sol}	I _{sol} ·F _{s,v} ·A _e
												kWh/m ² ·ano	kWh/ano
												TOTAL	0,00

Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores F_{s,v} é igual a 1.
Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de protecção solar permanentes o factor solar g_{v,ENU} é igual a 1.

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A _{op}	U	R _{se}	Área efectiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se}	Factor de Obstrução F _s	Intensidade da Radiação I _{sol}	I _{sol} ·F _s ·A _e	
									kWh/m ² ·ano	kWh/ano
PDE1	Oeste	0,40	15,63	2,57	0,04	0,64	0,90	490,00	283,55	
PDE2	Este	0,40	4,98	0,47	0,04	0,04	0,90	490,00	16,52	
									TOTAL	300,06
COBERTURA EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A _{op}	U	R _{se}	Área efectiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se}	Factor de Obstrução F _s	Intensidade da Radiação I _{sol}	I _{sol} ·F _s ·A _e	
									kWh/m ² ·ano	kWh/ano
CBE1	Horizontal	0,40	18,23	0,36	0,04	0,10	1,00	800,00	83,30	
									TOTAL	83,30
COBERTURAS INTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A _{op}	U	R _{se}	Área efectiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se}	Factor de Obstrução F _s	Intensidade da Radiação I _{sol}	I _{sol} ·F _s ·A _e	
									kWh/m ² ·ano	kWh/ano
	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	0,00	
									TOTAL	0,00
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A _{op}	U	R _{se}	Área efectiva A _e =α·U·A _{op} ·R _{se}	Factor de Obstrução F _s	Intensidade da Radiação I _{sol}	I _{sol} ·F _s ·A _e	
									kWh/m ² ·ano	kWh/ano
									TOTAL	0,00

$$\begin{aligned} & \text{Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada} = 424,72 \text{ kWh/ano} \\ & + \\ & \text{Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca} = 383,37 \text{ kWh/ano} \\ & + \\ & \text{Ganhos Solares brutos } Q_{sol,v} = 808,09 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

$$\begin{aligned} & \text{Ganhos internos brutos } Q_{int,v} = 495,30 \text{ kWh/ano} \\ & + \\ & \text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,v} = 808,09 \text{ kWh/ano} \\ & = \\ & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} = 1303,39 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} & \text{Ganhos internos médios } q_{int} = 4 \text{ W/m}^2 \\ & \times \\ & \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v = 2928 \text{ horas} \\ & + \\ & 1000 \\ & + \\ & \text{factor solar de verão de referência } g_{v,ref} = 0,43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_w/A_p \text{ REF} &= \frac{X}{0,2} \\
 \text{Radiação solar média de referência } I_{sol \text{ REF}} &= \frac{X}{490} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \\
 &= \frac{X}{53,85} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano} \\
 \text{Área útil de Pavimento } A_p &= \frac{X}{42,29} \text{ m}^2 \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{G, \text{ REF}} &= \frac{X}{2277,40} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \boxed{164,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \boxed{21,44} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} \boxed{185,79} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &x \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD } \boxed{1\ 250} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &x \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \boxed{164,35} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \boxed{4\ 930,64} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &x \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD } \boxed{1\ 250} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &x \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \boxed{21,44} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \boxed{643,15} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} &\text{Inércia do edifício } \boxed{\text{Média}} \\ &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \boxed{1101,88} \text{ kWh/ano} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} \boxed{5573,80} \text{ kWh/ano} \\ &= \\ &\text{parâmetro } \gamma_i \boxed{0,20} \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \boxed{112,00} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \boxed{21,44} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} \boxed{133,44} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &x \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD } \boxed{1\ 250} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &x \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \boxed{112,00} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} \boxed{3359,97} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &x \\ &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD } \boxed{1\ 250} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &x \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} \boxed{21,44} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} \boxed{643,15} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 \text{parâmetro } a_i &= 2,60 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i &= 0,99 \\
 \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} &= 1101,88 \text{ kWh/ano} \\
 \text{Ganhos totais úteis } Q_{g,u,i} &= 1088,78 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i,REF} &= 0,6 \\
 \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i,REF} &= 1501,61 \text{ kWh/ano} \\
 \text{Ganhos totais úteis } Q_{g,u,i,REF} &= 900,96 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} &= 4930,64 \text{ kWh/ano} \\
 + \\
 \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} &= 643,15 \text{ kWh/ano} \\
 - \\
 \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{g,u,i} &= 1088,78 \text{ kWh/ano} \\
 \text{(folha de cálculo 1.4)} &= \\
 \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} &= 4485,02 \text{ kWh/ano} \\
 + \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 42,29 \text{ m}^2 \\
 = \\
 \text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_c &= 106,05 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}
 \end{aligned}$$

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} &= 3359,97 \text{ kWh/ano} \\
 + \\
 \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} &= 643,15 \text{ kWh/ano} \\
 - \\
 \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{g,u,i,REF} &= 900,96 \text{ kWh/ano} \\
 = \\
 \text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} &= 3102,16 \text{ kWh/ano} \\
 + \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 42,29 \text{ m}^2 \\
 = \\
 \text{Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_i &= 73,35 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo F

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 130,07 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{va,v} \quad 30,63 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 160,70 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 130,07 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ext} - \theta_{v,int}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\
 &\quad + \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 1\,561,49 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{va,v} \quad 30,63 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ext} - \theta_{v,int}) \quad 4 \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \text{ horas} \\
 &\quad + \\
 &\quad 1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{va,v} \quad 367,66 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Média} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad 1303,39 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 & \div \\
 \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{rv,v} &= \boxed{1929,16} \text{ kWh/ano} \\
 & = \\
 \text{parâmetro } \gamma_v &= \boxed{0,68} \\
 & = \\
 \text{parâmetro } a_v &= \boxed{2,60} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 & = \\
 \text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v &= \boxed{0,85}
 \end{aligned}$$

$$\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v = \boxed{0,85}$$

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_v) = \boxed{0,15} \\
 & \times \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} &= \boxed{1303,39} \text{ kWh/ano} \\
 & \div \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \boxed{42,29} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{e,v} &= \boxed{4,77} \text{ kWh/m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_{v,REF}) = \boxed{0,17} \\
 & \times \\
 \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} &= \boxed{2277,40} \text{ kWh/ano} \\
 & \div \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= \boxed{42,29} \text{ m}^2 \\
 & = \\
 \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{v} &= \boxed{9,13} \text{ kWh/m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_{uc} kWh/m ² .ano	f_i	δ	Eficiência Nominal η_i	Factor de Conversão F_{pu} kWh _{sp} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pu} / \eta_i$ kWh _{sp} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{i,REF}$ kWh/m ² .ano	f_i	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,REF}$	Factor de Conversão F_{pu} kWh/kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_{i,REF} \cdot F_{pu} / \eta_i$ kWh _{sp} /m ² .ano			
Sistema 2	Electricidade	106,05	1,00	1	4,67	2,5	960,39	56,77	Sistema 2	Electricidade	73,35	1,00	3,4	2,5	53,94			
Sistema 2	Renovável Térmica	0,00	0,00		1,00	1	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	1	2,5	0,00			
Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00		1	2,5	0,00	0,00							0,00			
TOTAL								960,39	56,77	TOTAL								53,94

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_{uc} kWh/m ² .ano	f_v	δ	Eficiência Nominal η_v	Factor de Conversão F_{puv} kWh _{sp} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh _{sp} /m ² .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{v,REF}$ kWh/m ² .ano	f_v	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,REF}$	Factor de Conversão F_{puv} kWh/kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_{v,REF} \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh _{sp} /m ² .ano			
Sistema 2	Electricidade	4,77	1,00	0	4,65	2,5	0,00	0,00	Sistema 2	Electricidade	9,13	1,00	3	2,5	7,61			
Sistema 2	Renovável Térmica	0,00	0,00		1,00	1	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	3	2,5	0,00			
Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00		3	2,5	0,00	0,00							0,00			
TOTAL								0,00	0,00	TOTAL								7,61

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS		CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS	
consumo médio diário de referência M_{AQ2} <input type="text" value="72"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ2} <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ2} <input type="text" value="80"/>		consumo médio diário de referência M_{AQ2} <input type="text" value="80"/>	
40	\times	40	\times	40	\times	40	\times
nº convencional de ocupantes de cada fracção n <input type="text" value="2"/>	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção n <input type="text" value="2"/>	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção n <input type="text" value="2"/>	ocupantes	nº convencional de ocupantes de cada fracção n <input type="text" value="2"/>	ocupantes
factor de eficiência hídrica <input type="text" value="0,9"/>		aumento de temperatura ΔT <input type="text" value="35"/>	°C	factor de eficiência hídrica <input type="text" value="1"/>		aumento de temperatura ΔT <input type="text" value="35"/>	°C
=		nº de dias de consumo <input type="text" value="365"/>	dias	=		nº de dias de consumo <input type="text" value="365"/>	dias
sumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="72"/>		+		consumo médio diário de referência MAQS <input type="text" value="80"/>		+	
		3600000				3600000	
		+				+	
		A_p <input type="text" value="42,29"/>	m ²			A_p <input type="text" value="42,29"/>	m ²
		=				=	
		Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="25,30"/>	kWh/m ² .ano			Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <input type="text" value="28,11"/>	kWh/m ² .ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil Q_u/A_p kWh/m ² .ano	f_u	δ	Eficiência Nominal η_u	Factor de Conversão F_{puu} kWh _{sp} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_u \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_u$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_u \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{puu} / \eta_u$ kWh _{sp} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,REF} / A_p$ kWh/m ² .ano	f_u	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{u,REF}$	Factor de Conversão F_{puu} kWh/kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_u \cdot \delta \cdot Q_{u,REF} \cdot F_{puu} / \eta_u$ kWh _{sp} /m ² .ano			
Sistema 1	Electricidade	25,30	1,00	1	0,86	2,5	1251,20	73,97	Sistema 1	Electricidade	28,11	1,00	0,95	2,5	73,97			
Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00		0,95	2,5	0,00	0,00	Sistema por defeito	Electricidade	0,00	0,00	0,95	2,5	0,00			
TOTAL								1251,20	73,97	TOTAL								73,97

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{vm} kWh/ano
 +
 Área útil de Pavimento A_p m²

$$\text{Factor de Conversão } F_{pu} = \frac{x}{2,5} \text{ kWh}_{pp}/\text{kWh}$$

$$\text{Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação} = 0,00 \text{ kWh}_{pp}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$$

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_p kWh/m ² ·ano	Factor de Conversão F_{pu} kWh _{pp} /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$ kWh _{pp} /m ² ·ano
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
Bombas de Calor	Renovável Térmica	0,00	1	0,00
-	-	0,00	-	-
TOTAL				0,00

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

$$\begin{aligned} &\text{Energia primária para aquecimento} = 56,77 \text{ kWh}_{pp}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \\ &+ \\ &\text{Energia primária para arrefecimento} = 0,00 \text{ kWh}_{pp}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \\ &+ \\ &\text{Energia primária para a preparação de AQS} = 73,97 \text{ kWh}_{pp}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \\ &+ \\ &\text{Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica} = 0,00 \text{ kWh}_{pp}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \\ &- \\ &\text{Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável} = 0,00 \text{ kWh}_{pp}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \\ &= \\ &\text{Necessidades nominais anuais globais de energia primária } N_t = 130,74 \text{ kWh}_{pp}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \end{aligned}$$

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

$$\begin{aligned} &\text{Energia primária para aquecimento} = 53,94 \text{ kWh}_{pp}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \\ &+ \\ &\text{Energia primária para arrefecimento} = 7,61 \text{ kWh}_{pp}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \\ &+ \\ &\text{Energia primária para a preparação de AQS} = 73,97 \text{ kWh}_{pp}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \\ &= \\ &\text{Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária } N_l = 135,51 \text{ kWh}_{pp}/\text{m}^2 \cdot \text{ano} \end{aligned}$$


ANEXO IV - DADOS CLIMÁTICOS

Anos Meteorológicos de Referência para simulação dinâmica

versão 1.05 (13 fevereiro 2014)

Seleção por município

Porto



preparar ficheiro

EPW (formato EnergyPlus Weather)

Zona climática

NUTS 3: Grande Porto
Latitude: 41,3 °N (nominal)
Longitude: 8,6 °W (nominal)
Altitude: 94 m (referência)

Local específico

Município: Porto
Altitude: 94 m

Dados climáticos

	Referência	Neste local
Estação de aquecimento		
Período:	6,2	6,2 meses
T média:	9,9	9,9 °C
Graus-dia:	1250	1250 °C
Estação de arrefecimento		
T média:	20,9	20,9 °C

Zonas de verão e inverno

V 2 I 1

ANEXO V - CONSUMO ENERGÉTICO DA FRAÇÃO H

Consumo anual de Energia Final (por tipo de uso)			
Edifício	Total	Por área da zona térmica	Por área de pavimento útil
Aquecimento	4453 kWh	10,14 kWh/m ²	9,48 kWh/m ²
Aquecimento (Biomassa)	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Arrefecimento	8140 kWh	18,54 kWh/m ²	17,34 kWh/m ²
Águas Quentes Sanitárias (AQS)	8594 kWh	19,58 kWh/m ²	18,30 kWh/m ²
Águas Quentes Piscina	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Humidificação/Desumidificação	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Iluminação/Exterior	28561 kWh	65,06 kWh/m ²	60,83 kWh/m ²
Equipamentos	94247 kWh	214,68 kWh/m ²	200,73 kWh/m ²
Bombas Ventiladores climatização	958 kWh	2,18 kWh/m ²	2,04 kWh/m ²
Elevadores, Escadas Rolantes etc.	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Ventiladores Bombas Outros	11598 kWh	26,42 kWh/m ²	24,70 kWh/m ²
Iluminação Pontual	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Equipamentos - Gás	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Referência			
Aquecimento	1239 kWh	2,82 kWh/m ²	2,64 kWh/m ²
Aquecimento (Biomassa)	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Arrefecimento	22647 kWh	51,59 kWh/m ²	48,23 kWh/m ²
Águas Quentes Sanitárias (AQS)	8594 kWh	19,58 kWh/m ²	18,30 kWh/m ²
Águas Quentes Piscina	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Humidificação/Desumidificação	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Iluminação/Exterior	27032 kWh	61,57 kWh/m ²	57,57 kWh/m ²
Equipamentos	94247 kWh	214,68 kWh/m ²	200,73 kWh/m ²
Bombas Ventiladores climatização	2375 kWh	5,41 kWh/m ²	5,06 kWh/m ²
Elevadores, Escadas Rolantes etc.	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Ventiladores Bombas Outros	11598 kWh	26,42 kWh/m ²	24,70 kWh/m ²
Iluminação Pontual	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Equipamentos - Gás	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²

Consumo anual de Energia Final (por fonte de energia)			
Edifício	Total	Por área da zona térmica	Por área de pavimento útil
Electricidade	156552 kWh	356,60 kWh/m ²	333,43 kWh/m ²
Combustíveis Fósseis	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Outros Combustíveis Renováveis	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Solar Térmico	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²
Solar Fotovoltaico	kWh	kWh/m ²	kWh/m ²

Índices de Eficiência Energética		
Edifício	Edifício	Referência
IEE _E	269,99 kWh/m ²	329,53 kWh/m ²
IEE _T	563,58 kWh/m ²	563,58 kWh/m ²
IEE _{REN}	kWh/m ²	
IEE	833,57 kWh/m ²	893,11 kWh/m ²
R	0,82 B-	

ANEXO VI – CONSUMO ENERGÉTICO DA FRAÇÃO H APÓS MEDIDA DE MELHORIA

Consumo anual de Energia Final (por tipo de uso)				
Edifício	Total	Por área da zona térmica		Por área de pavimento útil
Aquecimento	5430 kWh	12,37	kWh/m ²	11,56 kWh/m ²
Aquecimento (Biomassa)	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Arrefecimento	6345 kWh	14,45	kWh/m ²	13,51 kWh/m ²
Águas Quentes Sanitárias (AQS)	8594 kWh	19,58	kWh/m ²	18,30 kWh/m ²
Águas Quentes Piscina	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Humidificação/Desumidificação	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Iluminação/Exterior	12704 kWh	28,94	kWh/m ²	27,06 kWh/m ²
Equipamentos	94247 kWh	214,68	kWh/m ²	200,73 kWh/m ²
Bombas Ventiladores climatização	958 kWh	2,18	kWh/m ²	2,04 kWh/m ²
Elevadores, Escadas Rolantes etc.	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Ventiladores Bombas Outros	11598 kWh	26,42	kWh/m ²	24,70 kWh/m ²
Iluminação Pontual	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Equipamentos - Gás	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Referência				
Aquecimento	1239 kWh	2,82	kWh/m ²	2,64 kWh/m ²
Aquecimento (Biomassa)	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Arrefecimento	22647 kWh	51,59	kWh/m ²	48,23 kWh/m ²
Águas Quentes Sanitárias (AQS)	8594 kWh	19,58	kWh/m ²	18,30 kWh/m ²
Águas Quentes Piscina	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Humidificação/Desumidificação	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Iluminação/Exterior	27032 kWh	61,57	kWh/m ²	57,57 kWh/m ²
Equipamentos	94247 kWh	214,68	kWh/m ²	200,73 kWh/m ²
Bombas Ventiladores climatização	2375 kWh	5,41	kWh/m ²	5,06 kWh/m ²
Elevadores, Escadas Rolantes etc.	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Ventiladores Bombas Outros	11598 kWh	26,42	kWh/m ²	24,70 kWh/m ²
Iluminação Pontual	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Equipamentos - Gás	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Consumo anual de Energia Final (por fonte de energia)				
Edifício	Total	Por área da zona térmica		Por área de pavimento útil
Electricidade	139876 kWh	318,61	kWh/m ²	297,91 kWh/m ²
Combustíveis Fósseis	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Outros Combustíveis Renováveis	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Solar Térmico	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Solar Fotovoltaico	kWh		kWh/m ²	kWh/m ²
Índices de Eficiência Energética				
Edifício	Edifício		Referência	
IEE _S	181,20	kWh/m ²	329,53	kWh/m ²
IEE _T	563,58	kWh/m ²	563,58	kWh/m ²
IEE _{REN}		kWh/m ²		kWh/m ²
IEE	744,78	kWh/m ²	893,11	kWh/m ²
R	0,55	8		