



Intervenção a moradia a nível térmico, acústico e águas

MARIA INÊS GONÇALVES PIRES

setembro de 2022



Intervenção a moradia a nível térmico, acústico e águas

MARIA INÊS GONÇALVES PIRES

Agosto de 2022

INTERVENÇÃO A UMA MORADIA A NÍVEL TÉRMICO, ACÚSTICO E ÁGUAS

MARIA INÊS GONÇALVES PIRES

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

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: Pf.^a Doutora Eunice Vilaverde Fontão

Supervisor: Eng.^a Ana Luísa D. A. Oliveira (TEPMEC Construções, Lda.)

SETEMBRO DE 2022

Eu, Maria Inês Gonçalves Pires, estudante nº 1161003, do Mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, declaro que não fiz plágio nem auto-plágio, pelo que o trabalho intitulado “Intervenção a uma moradia a nível térmico, acústico e águas” é original e da minha autoria, não tendo sido usado previamente para qualquer outro fim. Mais declaro que todas as fontes usadas estão citadas, no texto e na bibliografia final, segundo as regras de referência adotadas na instituição.

Porto e ISEP, 2022/07/31

Maria Inês Gonçalves Pires

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xvii
Abreviaturas	xxi
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Construção tradicional no norte do país.....	3
CAPÍTULO 3 Exigências regulamentares	13
CAPÍTULO 4 Intervenção na moradia.....	49
CAPÍTULO 5 Considerações finais	71
Referências Bibliográficas	73
Anexo.....	75

RESUMO

Em geral, na construção tradicional utilizavam-se os materiais provenientes do local. A norte de Portugal é frequente a construção utilizar a madeira e a pedra por serem os materiais mais abundantes. O presente trabalho consistiu num levantamento sobre a construção tradicional seguido de um estudo para verificação da possibilidade de aplicar a legislação em vigor à construção tradicional de modo a conseguir um aumento da eficiência energética associado a um melhor conforto térmico, acústico e hídrico como se de uma construção nova se tratasse, melhorando as características do edifício e evitando a demolição que acaba por ser prejudicial ao meio ambiente.

Na moradia em construção tradicional, alvo de estudo foi analisada apenas uma fração, sendo que esta apresentou uma classe energética A, o que torna a habitação eficiente. No entanto, não se pode considerar apenas o conforto térmico como único requisito para se concluir que a esta fração se pode aplicar a legislação de como se uma habitação nova se tratasse.

Com isto, analisou-se as soluções construtivas apresentadas ao nível acústico, a fim de verificar a legislação e de modo a se conseguir uma avaliação mais crítica e mais corretiva. Optou-se ainda por se realizar um projeto de abastecimento de águas, dimensionando toda a tubagem com o melhor material possível, para que a habitação fique sujeita a uma melhor condição hídrica.

Palavras-chave: Comportamento térmico, Comportamento acústico, ITECONS, ADENE, RGR, RRAE, Abastecimento de águas.

ABSTRACT

In geral, on traditional construction it was usual to use the materials provenientes from the local. In the north of Portugal its very frequente in the construction to use wood and stone, because they are the most abundant materials. The presente work has consisted in study about regional construction followed by a study for verifying the possibility to apply a current legislation to regional construction in way to make na aument of energetic efficiency associated to a better termic confort, accustic and hybrid, as a new construction were taking place, upgrading the building features and avoinding demolition ,that is very bad for environment.

In a tradictional construction house study, it was only analysed a fraction, presented a more energetic class A, which makes the housing more eficiente, Meanwhile, we can't consider just the termic confort like the one requisit to conclude this fraction can apply the lesgislation in how a new housing was being built.

To conclude, it was analyzed the constructive solutions shown at an accustic level, to verify the legislation and in a way to make at evaluation more critical and more corrective. The best option was to make a water supply, scaling all the piping with best material possible, for the housing be subject to a better hydraulic condiction.

Keywords: Thermal behavior, Acoustic behavior, ITECONS, ADENE, RGR, RRAE, Water supply.

AGRADECIMENTOS

Mais uma etapa que finalizo na minha vida, e não podia deixar de expressar o meu agradecimento a todos aqueles que me ajudaram a concluir este trabalho.

À minha orientadora, Professora Doutora Eunice Vilaverde Fontão, pela sua disponibilidade total para o desenvolvimento deste relatório de estágio, por todos os conhecimentos transmitidos e pelo apoio e motivação que me foi dada ao longo deste último ano de mestrado.

Aos meus pais, o meu eterno obrigado, por estes anos de apoio, incentivo, dedicação e especialmente pela força que tiveram para eu poder concretizar o meu sonho de criança.

Aos meus irmãos, por terem estado sempre ao meu lado, pela preocupação constante para comigo ao longo destes anos.

Ao meu namorado, Nuno, quero-lhe agradecer toda a sua dedicação que teve para comigo ao longo do meu percurso académico, por tentar que o desânimo não se apoderasse de mim, por toda a força e apoio que me deu até ao último minuto e, sobretudo, agradece-lhe por todo o amor e percurso a dois.

À minha madrinha, um obrigado por todos os conselhos que me transmitiu em todo este meu percurso enquanto estudante. Obrigada pela constante preocupação e interesse, mesmo estando longe.

Agradeço ainda com enorme carinho às minhas amigas e companheiras nesta viagem, Nádia e Vanessa, pela amizade que construímos e que eu levo para a vida. Sem elas e sem o seu apoio nada disto seria possível.

“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e semeando, no fim, terás o que colher.” (Cora Coralina)

ÍNDICE DE TEXTO

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xvii
Abreviaturas	xxi
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 TEPMEC Construções, LDA.....	1
1.3 Estrutura do relatório de estágio.....	2
CAPÍTULO 2 Construção tradicional no norte do país.....	3
2.1 Introdução.....	3
2.2 Construção tradicional no norte do país	3
Fundações	3
Paredes resistentes	4
Paredes de compartimentação	5
Pavimentos.....	6
Escadas	7
Coberturas.....	7
Revestimentos e acabamentos	8

Caixilharias	11
Cantarias.....	12
CAPÍTULO 3 Exigências regulamentares.....	13
3.1 Comportamento térmico	13
3.2 Comportamento acústico de edifícios	16
Legislação aplicável	17
Modelos numéricos de estimativa dos parâmetros regulamentares	23
3.3 Sistemas de abastecimento de águas	28
Sistemas de distribuição predial de água.....	28
Sistemas de drenagem predial de águas residuais	35
Sistemas de drenagem de águas residuais pluviais	44
CAPÍTULO 4 Intervenção na moradia	49
4.1 Reabilitação da moradia	50
Áreas e Medições	50
Proposta de reabilitação	50
4.2 Estudo do comportamento térmico	53
Dados e zonas climáticas.....	53
Marcação das envolventes.....	54
Requisitos mínimos de qualidade das envolventes	55
Inércia Térmica.....	59
Águas quentes sanitárias.....	60
Classe energética.....	62
4.3 Estudo do comportamento acústico.....	63
Isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e quartos ou zonas de estar.....	63
Isolamento sonoro a sons de condução aérea entre habitações	64
Isolamento sonoro a sons de percussão	66
4.4 Rede de abastecimento de água.....	67

CAPÍTULO 5	Considerações finais	71
5.1	Conclusões	71
5.2	Desenvolvimentos futuros.....	71
Referências Bibliográficas		73
Anexo.....		75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Logotipo da TEPMEC Construções Lda	2
Figura 2.1 - Tipos de fundações (Moreira, 2009)	4
Figura 2.2 - Fundação indireta (Mendes, 2017)	4
Figura 2.3 - Parede resistente exterior (Moreira, 2009)	5
Figura 2.4 - Parede resistente interior (Moreira, 2009)	5
Figura 2.5 - Parede de compartimentação de tabique (Moreira, 2009)	6
Figura 2.6 – Esquema da vista superior do pavimento (Moreira, 2009)	6
Figura 2.7 - Coberturas antigas (Moreira, 2009)	7
Figura 2.8 - Sistema de revestimento de uma parede (Tavares, 2009)	8
Figura 2.9 - Soalho à portuguesa (Fonte: Silva, 2017)	9
Figura 2.10 - Forro de teto em “camisa e saia” (Fonte: Moreira, 2009)	10
Figura 2.11 - Telhado mouriscado com telha cerâmica de canudo (Fonte: ceramicatejo.pt)	11
Figura 2.12 - Telhado em telha Marselha (Guimarães, 2009)	11
Figura 2.13 - Caixilharia de batente com duas folhas com bandeira (Lopes, 2006).	12
Figura 3.1 - Propagação de sons aéreos e sons de percussão (Fonte: <i>Imperialum</i> , 2022)	17
Figura 3.2 - Gráfico para estimar o índice de redução sonora (Almeida, 2009)	24
Figura 3.3 - Ábaco para determinar o acréscimo de isolamento sonoro por acrescento de um novo pano divisório (Almeida, 2009)	25
Figura 3.4 - Caudal de cálculo em função do caudal acumulado, para um nível de conforto médio (RGSPDADAR, 1995)	31
Figura 3.5 - Esquema do processo de determinação do diâmetro (Adaptado: Sá, 2012)	32
Figura 3.6 - Linhas de energia num sistema (Pedroso, 2008)	34

Figura 3.7 - Determinação dos caudais de cálculo em função dos caudais acumulados (Fonte: Ferreira, 2013)	37
Figura 3.8 - Distância máxima entre o sifão e a secção ventilada (Fonte: Ferreira, 2013)	38
Figura 3.9 - Escoamentos para tubagens em PVC ($K=120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) (Fontes Pedroso, 2008).....	39
Figura 3.10 - Dimensionamento dos tubos de queda (Ferreira, 2013)	42
Figura 3.11 - Determinação do diâmetro da coluna de ventilação (Pedroso, 2008)	43
Figura 3.12 - Zonas pluviométricas (Abreu, 2020).....	45
Figura 3.13 - Caleira de secção semicircular (Alves, 2017).....	47
Figura 4.1 - Planta do terreno (Fonte: Google Maps, 2022).....	49
Figura 4.2 - Planta dos pisos da moradia existente	50
Figura 4.3 - Plantas dos vermelhos e amarelos da moradia a reabilitar	51
Figura 4.4 - Planta de alteração do Piso 0 - Moradia principal.....	51
Figura 4.5 - Planta de alteração do Piso 1 - Moradia principal.....	52
Figura 4.6 – Marcação das envolventes da Fração A da moradia principal	55
Figura 4.7 - Solução construtiva da parede exterior	55
Figura 4.8 - Solução construtiva do pavimento térreo.....	56
Figura 4.9 - Pormenor do envidraçado (Fonte: grupososoaes.pt)	57
Figura 4.10 – Solução construtiva da parede de compartimentação.....	59
Figura 4.11 - Solução construtiva da parede em contacto com outra habitação	60
Figura 4.12 - Menu da folha de cálculo de apoio das energias renováveis.....	61
Figura 4.13 - Determinação do R_w para paredes exteriores.....	63
Figura 4.14 - Gráfico da Lei da Massa para a parede da sala em contacto com outra fração	65
Figura 4.15 - Gráfico para estimar o acréscimo de isolamento sonoro por dobragem da divisória	66
Figura 4.16 - Traçado do sistema de abastecimento de águas	67

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - Comportamento térmico para a estação de aquecimento para edifícios de habitação previsto	13
Tabela 3.2 - Comportamento térmico para a estação de arrefecimento para edifícios de habitação previsto	14
Tabela 3.3 - Conforto térmico para edifícios de habitação de referência	15
Tabela 3.4 - Relação entre os valores das necessidades nominais e limite (Portaria nº349-B/2013)	16
Tabela 3.5 - Definição de Atividade Ruidosa Permanente e Temporária	18
Tabela 3.6 - Definição dos vários tipos de ruído	19
Tabela 3.7 - Definição de Zona Mista e Sensível	19
Tabela 3.8 - Valores limite de exposição	20
Tabela 3.9 - Isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e quartos ou zonas de estar	22
Tabela 3.10 - Isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos e quartos ou zonas de estar	22
Tabela 3.11 - Isolamento sonoro a sons de percussão entre compartimentos e quartos ou zonas de estar	23
Tabela 3.12 - Nível de avaliação do ruído particular de equipamentos coletivos do edifício.....	23
Tabela 3.13 - Valor das transmissões marginais em função do R_w , (Campeão, 2021).....	26
Tabela 3.14 - Valor global de $R_w + L_n, w$ para diferentes tipos de pavimento.....	27
Tabela 3.15 - Redução sonora de revestimentos de pisos flutuantes (Campeão, 2021).....	27
Tabela 3.16 - Redução sonora de revestimentos de pisos resilientes (Campeão, 2021).....	28
Tabela 3.17 - Caudais mínimos.....	29
Tabela 3.18 - Número de fluxómetros em utilização simultânea (RGSPDADAR, 1995).....	30
Tabela 3.19 - Valores do fator rugosidade do material (Pedroso, 2008)	33

Tabela 3.20 - Caudais mínimos de descarga dos aparelhos sanitários (Fonte: Abreu, 2020)	35
Tabela 3.21 - Diâmetros de ramais de descarga (Fonte: Pedroso, 2008).....	40
Tabela 3.22 - Diâmetros mínimos dos ramais de descarga individuais (Fonte: Abreu, 2020)	40
Tabela 3.23 - Diâmetros dos tubos de queda e taxas de ocupação (Fonte: Pedroso, 2008)	41
Tabela 3.24 - Dimensionamento dos tubos de queda (Pedroso, 2007)	42
Tabela 3.25 - Dimensionamento das colunas de ventilação (Pedroso, 2008).....	43
Tabela 3.26 - Dimensionamento dos coletores prediais	44
Tabela 3.27 - Parâmetros a e b	45
Tabela 3.28 - Coeficiente de escoamento para diferentes tipos de superfície (Alves, 2017)	46
Tabela 4.1 - Áreas de cada compartimento da Moradia Principal	50
Tabela 4.2 - Áreas dos compartimentos do Piso 0 - Moradia principal	52
Tabela 4.3 - Áreas dos compartimentos do Piso 1 - Moradia principal	52
Tabela 4.4 - Dados climáticos da Estação de Aquecimento	53
Tabela 4.5 - Dados climáticos da Estação de Arrefecimento	54
Tabela 4.6 - Vão envidraçado exterior da Fração A.....	58
Tabela 4.7 – Fator solar máximo admissível, $g_{tot, máx}$	58
Tabela 4.8 – Fator solar do vão envidraçado	58
Tabela 4.9 - Valores das necessidades	62
Tabela 4.10 – Verificação dos requisitos regulamentares para paredes exteriores com vãos envidraçados	64
Tabela 4.11 - Verificação regulamentar da parede do quarto em contacto com o edifício adjacente	64
Tabela 4.12 - Verificação regulamentar da parede da sala em contacto com outra fração	66
Tabela 4.13 - Características do material para o dimensionamento de água fria	68
Tabela 4.14 - Cálculo da rede de abastecimento de água fria	68
Tabela 4.15 - Características do material para o dimensionamento de água quente	68
Tabela 4.16 - Cálculo da rede de abastecimento de água quente	69

ABREVIATURAS

A – Área do elemento da envolvente, m²

A_{op} – Área do elemento da envolvente opaca exterior [m²]

A_p – Área interior útil de pavimento [m²]

$A_{s,i}$ – Área efetiva coletora de radiação solar na estação de aquecimento, m²

$A_{s,v}$ – Área efetiva coletora de radiação solar na estação de arrefecimento, m²

A_w – Área total do vão envidraçado, incluído o vidro e o caixilho, m²

$(A_w/A_p)_{ref}$ – Razão entre a área de vãos envidraçados e a área interior útil de pavimento

B – Desenvolvimento linear da ponte térmica linear, m

b_{ztu} – Coeficiente de redução

E_{ren} – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável, [kWh/ano]

f_a – Parcela das necessidades de energia útil para preparação de AQS

f_{eh} – Fator de eficiência hídrica

F_g – Fração envidraçada do vão envidraçado

f_i – Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento

f_v – Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento

F_{pu} – Fator de conversão de energia final para energia primária, kWh_{EP}/kWh

$F_{s,i}$ – Fator de obstrução solar na estação de aquecimento

$F_{s,v}$ – Fator de obstrução solar na estação de arrefecimento

g_i – Fator solar de inverno

G_{sol} – Energia solar média incidente numa superfície, acumulada durante a estação de arrefecimento, kWh/(m².ano)

ABREVIATURAS

G_{sul} – Energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul, durante a estação de aquecimento, kWh/(m².mês)

g_v - Fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento

g_{vref} – Fator solar de referência para a estação de arrefecimento

GD – Número de graus-dias de aquecimento, na base de 18 °C, °C

H_{adj} – Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes, W/°C

H_{ecs} – Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o solo, W/°C

H_{enu} – Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos da envolvente em contacto com espaços não úteis, W/°C

H_{ext} – Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos da envolvente em contacto com o exterior, W/°C

H_f – Número de horas de funcionamento dos ventiladores, h/ano

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

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

$H_{ve,i}$ – Coeficiente de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, [W/°C]

$H_{ve,v}$ – Coeficiente de transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento, [W/°C]

L_v – Duração da estação de arrefecimento, horas

M – Duração média da estação convencional de aquecimento, mês

M_{AQS} – Consumo médio diário de referência, litros

n_d – Número anual de dias de consumo de AQS, assumindo o valor fixo de 365 dias

N_i – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referência, kWh/m² ano

N_{ic} – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, kWh/m² ano

n_{oc} – Número de ocupantes convencional de ocupantes de cada fração autónoma

N_t – Necessidades nominais anuais de energia primária de referência, kWh_{EP}/m² ano

N_{tc} – Necessidades nominais anuais de energia primária, kWh_{EP}/m² ano

N_v – Necessidades nominais anuais de energia para arrefecimento de referência, kWh/m² ano

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

P_d – Pé direito médio ponderado, m

P_{solo} – Desenvolvimento total da parede em contacto com o solo, m

Q_a – Necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS em edifícios de habitação, [kWh/ano]

$Q_{g,i}$ – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento, [kWh/ano]

$Q_{g,v}$ – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento, [kWh/ano]

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

$Q_{gu,i}$ – Ganhos térmicos úteis na estação de, [kWh/ano]

$Q_{gu,i_{ref}}$ – Ganhos térmicos úteis de referência na estação de aquecimento [kWh/ano]

q_{int} – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, W/m²

$Q_{int,i}$ – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento, [kWh/ano]

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

$Q_{sol,i}$ – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, na estação de aquecimento, [kWh/ano]

$Q_{sol,i_{ref}}$ – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados de referência na estação de aquecimento, [kWh/ano]

$Q_{sol,v}$ – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos envidraçados e pela envolvente opaca na estação de aquecimento, kWh/ano

$Q_{tr,i}$ – Transferência de calor por transmissão através da envolvente do edifício na estação de aquecimento, [kWh/ano]

$Q_{tr,i_{ref}}$ – Transferência de calor por transmissão através da envolvente do edifício de referência na estação de aquecimento, [kWh/ano]

$Q_{tr,v}$ – Transferência de calor por transmissão através da envolvente do edifício na estação de arrefecimento, [kWh/ano]

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

$Q_{ve,i_{ref}}$ – Transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento [kWh]

$Q_{ve,i}$ – Transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento, [kWh/ano]

ABREVIATURAS

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

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

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior, igual a $0,04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

U – Coeficiente de transmissão térmica, [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$]

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

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

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

W_{vm} – Consumo de energia elétrica de funcionamento do ventilador, [kWh/ano]

X_j – Fator de orientação

z_{solo} – Profundidade média da parede ou do pavimento em contacto com o solo, [m]

γ_i – Relação entre os ganhos térmicos brutos e a soma das transferências de calor por transmissão pela envolvente e por ventilação na estação de aquecimento

γ_v – Relação entre os ganhos térmicos brutos e a soma das transferências de calor por transmissão pela envolvente e por ventilação na estação de arrefecimento

δ_i – Fator de anulação do consumo de energia para aquecimento

δ_v – Fator de anulação do consumo de energia para arrefecimento

ΔP_{tot} – Diferença de pressão total no ventilador, [Pa]

ΔT – Aumento de temperatura necessário para a preparação das AQS, $^\circ\text{C}$

$\Delta \theta$ – Diferença de temperatura, $^\circ\text{C}$

η_i – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento

η_{ref} – Eficiência de referência do sistema

η_{tot} – Rendimento total de funcionamento do ventilador

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

η_{vref} – Fator de utilização de ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento

$\theta_{ext,v}$ – Temperatura exterior média na estação de arrefecimento, [$^\circ\text{C}$]

$\theta_{ref,v}$ – Temperatura interior de referência na estação de arrefecimento, $^\circ\text{C}$

ψ – Coeficiente de transmissão térmica linear, [$\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$]

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Desde sempre que existe preocupação na preservação da construção, assegurando assim a duração do património urbano e arquitetónico, para as gerações futuras. No entanto, esta prática só era tida em conta para edifícios monumentais, ou seja, os que tinham grande valor histórico. Esta ideia tem vindo a ser modificada, outros edifícios têm vindo a ser preservados e reabilitados.

Segundo a Carta de Lisboa (1995) a reabilitação de um edifício consiste nas obras que têm por fim a recuperação e beneficiação de uma construção o que difere de conservação, pois conservar um edifício é um conjunto de medidas destinadas a salvaguardar e a prevenir a degradação do edifício (Campeão, 2020). Atualmente há um acréscimo de preocupação relativamente à qualidade de vida e do conforto das populações, e também da sustentabilidade da reabilitação.

O tema desenvolvido neste relatório está relacionado com a área da reabilitação, bem como todas as medidas e exigências a serem aplicadas ao edifício, através de um caso de estudo. Apesar de se tratar de um edifício de construção antiga, toda a legislação utilizada é a mais recente.

O presente relatório foi desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio (DIPRE), inserida no plano de estudos do 2º semestre do 2º ano do Mestrado de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto. O estágio realizado teve como empresa de acolhimento a TEPMEC Construções, Lda. e decorreu entre o dia 2 de março a 30 de junho.

1.2 TEPMEC CONSTRUÇÕES, LDA

A TEPMEC Construções, Lda (Figura 1.1) com sede na Avenida Dom Afonso Henriques 1462, 4450-013, Matosinhos, é uma empresa no setor da Construção Civil, fundada em 2019. É uma empresa com experiência na área da construção civil nomeadamente, na área da reabilitação e intervenção urbanística e ainda na requalificação de espaços públicos. A TEPMEC faz ainda a instalação e manutenção de

equipamentos de deteção e combate a incêndio, estando registada na Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC).

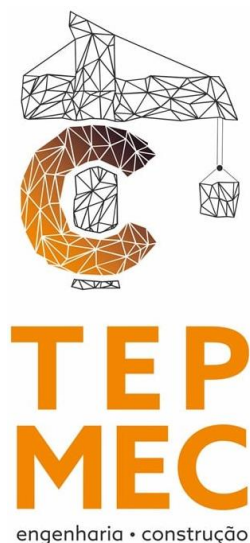


Figura 1.1 - Logotipo da TEPMEC Construções Lda

No âmbito do estágio, a empresa acolhedora propôs que se realizasse um estudo de reabilitação de uma moradia de construção tradicional. O objetivo é verificar se é possível aplicar a uma construção tradicional a legislação aplicada aos edifícios de construção nova, promovendo a eficiência energética e simultaneamente garantindo o conforto térmico, acústico e hídrico.

1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO

O presente relatório está dividido em cinco capítulos, que são de seguida descritos de forma breve.

No segundo capítulo, nomeado de Construção tradicional no norte do país, é apresentado um estudo onde se abordam várias características da construção portuguesa e que serve de apoio para o desenvolvimento do restante relatório.

No terceiro capítulo, nomeado de Exigências regulamentares, é apresentada a legislação em vigor e necessária para o caso de estudo.

No quarto capítulo, nomeado de Intervenção numa moradia, é apresentado o edifício em estudo, nomeadamente a proposta de reabilitação, com todos os elementos necessário para sua avaliação térmica e acústica, incluindo soluções construtivas respeitando a legislação mencionada. No mesmo capítulo é feito o estudo para o abastecimento de águas.

Por fim, no quinto capítulo, nomeado de Conclusões, apresentam-se as considerações finais, com as algumas reflexões acerca do tema em estudo.

CAPÍTULO 2

CONSTRUÇÃO TRADICIONAL NO NORTE DO PAÍS

2.1 INTRODUÇÃO

Em geral, na construção tradicional utilizavam-se os materiais provenientes do local. A norte de Portugal é frequente a construção utilizar a madeira e a pedra por serem os materiais mais abundantes. Com o desenvolvimento da indústria e do país apareceram as construções com alvenaria de tijolo e a partir do século XX as construções utilizam também o betão armado.

Através de uma pesquisa foi possível entender como eram os elementos construtivos dos edifícios tradicionais, antes do aparecimento do betão armado. De seguida, serão abordados esses mesmos elementos construtivos.

2.2 CONSTRUÇÃO TRADICIONAL NO NORTE DO PAÍS

Fundações

Na construção tradicional as fundações são os elementos responsáveis por fazer a transição dos esforços que resultam das paredes estruturais para o solo. Estas podem ser divididas em três tipos:

- Fundações diretas, executadas em alvenaria de pedra. Quando o terreno de fundação é muito resistente, não é necessário o aumento da base, então prolonga-se as paredes resistentes até ao terreno (Figura 2.1 a).
- Fundações semidiretas, é necessário um aumento da largura da base devido às imperfeições das paredes originadas pela falta de rigor na sua construção. Este aumento serve para diminuir a tensão exercida pela parede no solo (Figura 2.1 b)).
- Fundações indiretas, constituídas por estacarias de madeira, que conseguem atravessar as camadas superficiais de terreno mole, devido ao seu comprimento. Isto acontece quando o terreno rígido se encontra a elevada profundidade (Figura 2.1 c)).

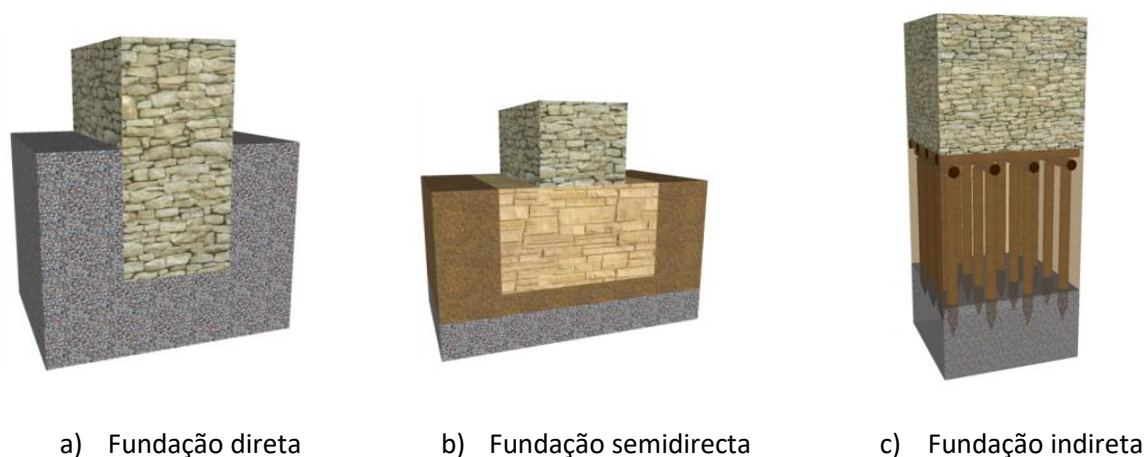


Figura 2.1 - Tipos de fundações (Moreira, 2009)

As fundações indiretas eram executadas sobre cursos de água. Para estes casos (Mendes, 2017) a solução encontrada para as fundações era a de alvenaria assente sobre estacas de madeira, Figura 2.2.

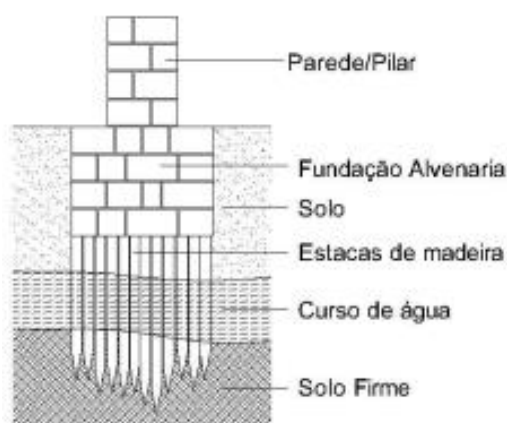


Figura 2.2 - Fundação indirecta (Mendes, 2017)

Paredes resistentes

As paredes resistentes têm como papel principal a segurança estrutural do edifício, nomeadamente em termos de resistência a cargas verticais (peso próprio e sobrecargas) e também forças horizontais como é o caso do vento. Estas paredes têm, também, um papel importante na proteção do interior da habitação contra os agentes atmosféricos, como por exemplo da ação da água, da radiação solar, entre outros.

Este tipo de elementos divide-se em paredes resistentes exteriores e paredes resistentes interiores:

- Paredes resistentes exteriores, também denominadas por paredes mestras, possuem espessuras elevadas e são constituídas por materiais heterogêneos, rígidos e pesados, com boa resistência à compressão capazes de equilibrar forças horizontais e diminuir a instabilidade por encurvadura, Figura 2.3 (Moreira, 2009).

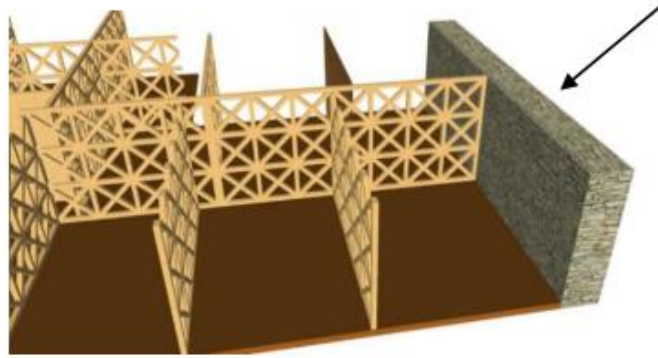


Figura 2.3 - Parede resistente exterior (Moreira, 2009)

- Paredes interiores, também designadas por paredes frontais, eram constituídas por uma treliça de madeira, preenchidas com alvenaria de tijolo. Estas paredes estabelecem ligação com as paredes mestras e pavimentos para que possam resistir em conjunto aos mais variados tipos de esforços, Figura 2.4 (Moreira, 2009).

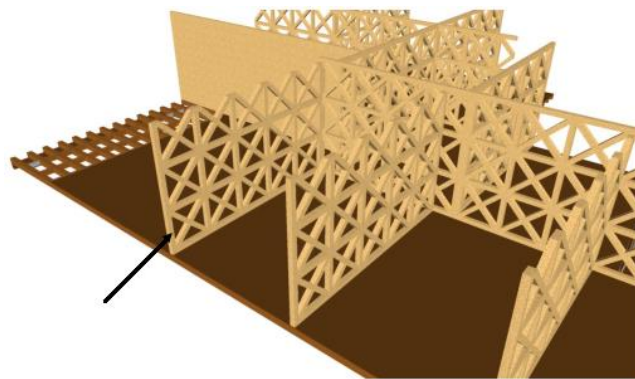


Figura 2.4 - Parede resistente interior (Moreira, 2009)

Paredes de compartimentação

Estes elementos tinham o papel de separar os espaços interiores do edifício, sendo que a sua função estrutural é teoricamente nula. Apesar de não receberem cargas diretamente, estes elementos apresentam um papel importante para a segurança dos edifícios, pois beneficia o travamento das estruturas principais graças à ligação existente com as paredes, pavimentos e cobertura.

A norte de Portugal as paredes de compartimentação, em geral, são obtidas pela pregagem de um fasquiado sobre tábuas ao alto e, posteriormente, revestido por reboco em ambas as faces, denominado por tabique. O tabique é o sistema construtivo mais utilizado em todo o país e contribuiu para a segurança do edifício (Ferreira, 2021).

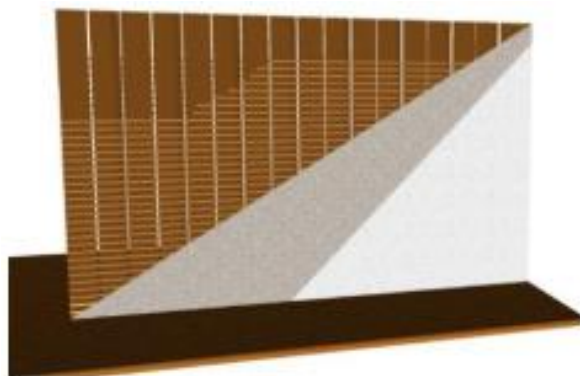


Figura 2.5 - Parede de compartimentação de tabique (Moreira, 2009)

Pavimentos

Estes elementos construtivos são responsáveis pela definição dos pisos de um edifício, pelo contraventamento dos elementos estruturais verticais e pelo suporte dos elementos de compartimentação e pela utilização (Moreira, 2009). O dimensionamento dos pavimentos exige alguns cuidados, tal como as paredes resistentes. Um dos pormenores que exige maior atenção é a sua ligação às paredes mestras. Normalmente, os elementos horizontais assentam sobre as paredes de maior rigidez para que a transferência de esforços se processe de modo contínuo. Segundo Moreira (2009), os elementos utilizados na transição da parede para o pavimento são os rodapés, que desempenham funções como remates e proteções do revestimento das paredes.

A madeira é o material mais utilizado na execução de pavimentos, sendo estes compostos por vigamentos em troncos de madeira, paralelos entre si com distâncias variáveis e em conjunto com outros elementos secundários, os tarugos e cadeias, possibilitam o apoio do soalho do pavimento na face superior e, na face inferior do piso abaixo (Campeão, 2020).



Figura 2.6 – Esquema da vista superior do pavimento (Moreira, 2009)

Escadas

Na construção tradicional as escadas interiores eram maioritariamente executadas em madeira, sendo as madeiras mais utilizadas o castanho e o carvalho. Este elemento construtivo não apresenta grande destaque, uma vez que se limita a servir de comunicação entre os diferentes pisos da construção, sendo construídos numa das paredes do edifício de modo a ocuparem o menos espaço possível. Uma das características das escadas, nos edifícios antigos, é o facto de serem bastante inclinadas e estreitas, causando assim uma utilização incomoda.

As escadas de pedra, eram normalmente utilizadas no exterior dos edifícios, especialmente em edifícios com dois pisos, em que o piso superior tinha acesso independente pelo exterior.

Coberturas

Nos edifícios antigos podem diferenciar-se três formas de cobertura, inclinadas, curvas ou planas. No entanto, as coberturas inclinadas são as mais utilizadas em comparação com as restantes.

A cobertura é composta por uma estrutura principal em madeira, fazendo parte as asnas e as madres, por outra estrutura secundária, assente sobre a principal e constituída por uns elementos de suporte onde se encaixa o revestimento, que normalmente é em telha cerâmica e é encaixada entre as ripas da estrutura secundária, como se pode verificar na Figura 2.7.



Figura 2.7 - Coberturas antigas (Moreira, 2009)

Nas coberturas inclinadas a inclinação depende de vários fatores, como a região, os agentes atmosféricos do local de implantação e do tipo de utilização pretendido entre o último piso e a cobertura.

Neste tipo de coberturas, crescem as dificuldades relativamente à execução da estrutura. Estas dificuldades estão relacionadas com a falta de meios e materiais capazes de garantir uma ligação correta entre diferentes elementos, contribuindo para o aparecimento de anomalias (Silva, 2017).

Revestimentos e acabamentos

Os revestimentos e acabamentos dos elementos de construção dos edifícios apresentam uma grande importância, uma vez que têm como função assegurar a proteção dos mesmos e contribuem para a imagem do edifício.

O aspeto final das construções está dependente do comportamento dos revestimentos, já que são os primeiros elementos a apresentar degradação e alterações. Por esta mesma razão estes elementos são os mais intervencionados evitando a degradação da parede.

- **Revestimento e acabamento de parede**

Nas paredes de alvenaria, os revestimentos mais comuns são à base de rebocos de argamassas fracas com areia, podendo-se acrescentar cal ou barro dependendo da região. A constituição comum de um revestimento de uma parede antiga inclui as camadas de regularização e proteção (emboço, reboco e esboço) e por fim a camada de proteção, acabamento e decoração (barramento e pintura) (Tavares, 2009).

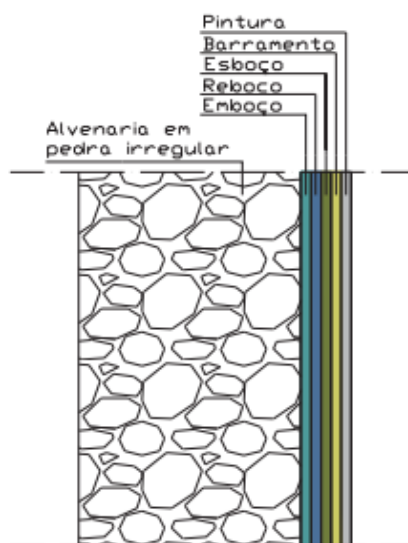


Figura 2.8 - Sistema de revestimento de uma parede (Tavares, 2009)

As camadas de regularização são compostas por argamassas de cal e areia, com adições minerais e aditivos orgânicos. Por norma, as camadas internas, próximas da alvenaria, tinham traços mais ricos e granulometria mais imperfeita que as externas. A deformabilidade, porosidade e trabalhabilidade da argamassa ia aumentando das camadas internas para as externas, promovendo um bom comportamento às deformações estruturais e à água (Tavares, 2009).

Relativamente às camadas de proteção, os barramentos eram constituídos por argamassas finas de cal e pó de pedra, aplicadas em várias subcamadas com espessura crescente do interior para o exterior.

A norte de Portugal é visível o uso de azulejos cerâmicos, que funcionam como elementos de decoração das fachadas juntamente com a camada de desgaste das paredes. A utilização de azulejos assegura uma durabilidade maior e isso é notório nos inúmeros exemplos de fachadas revestidas por azulejos e que se mantêm ao longo dos anos sem qualquer tipo de intervenção.

Nas paredes interiores eram utilizados revestimentos de textura mais fina, selecionando os materiais através da sua granulometria, em particular a areia, ou recorrendo a materiais de revestimentos interiores específicos.

No caso das paredes que incorporam elementos de madeira ou sobre fasquiado, as ligações são mais difíceis, deixando assim a madeira com lascas salientes e rugosidades. O revestimento das paredes interiores de tabique eram executadas com forro de madeira, posteriormente pintado.

- **Revestimento e acabamento de pavimento (piso e teto)**

Em geral a madeira é o material mais escolhido para os revestimentos dos pavimentos. No entanto, é de salientar algumas exceções, como o caso dos pavimentos térreos que se opta por lajeado de pedra, tijoleiras ou ladrilhos cerâmicos.

O revestimento de piso era efetuado por um conjunto de tabuas de madeira, chamado de soalho com espessuras de 2 a 5 cm, colocadas lado a lado e sobrepostas (soalho à Portuguesa) (Figura 2.9) ou de encaixe macho-fêmea (soalho à inglesa), em consequência da estrutura dos próprios pavimentos (Campeão, 2020). As espécies de madeira mais utilizadas eram o pinho nacional, o pinho manso e a casquinha, sendo que estas apresentavam uma dureza capaz de resistir ao desgaste e consequentemente a bons níveis de durabilidade.

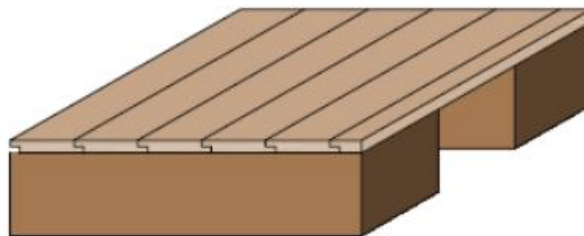


Figura 2.9 - Soalho à portuguesa (Fonte: Silva, 2017)

Relativamente aos acabamentos de piso, estes dependiam do material de revestimento. No caso dos revestimentos de madeira, a solução era a lavagem com produtos de limpeza e desinfecção, seguido da aplicação de ceras que embelezam e protegem o revestimento. Na pedra, o acabamento era amaciado e

não muito polido, de modo a evitar o aparecimento de riscos ou criar falta de aderência. Para finalizar, os materiais cerâmicos, necessitam de tratamento que lhes confira resistência à água e a outros líquidos, aumentando a resistência ao desgaste e outras ações mecânicas (Campeão, 2020).

Já os acabamentos de teto podem ter duas opções. A primeira é o forro interior com tábuas de madeira, com 10 a 20 mm de espessura, em solução de camisa e saia (Figura 2.10), que é constituído por tábuas de espera que são colocadas em primeiro lugar e espaçadas conforme a largura necessária para, posteriormente, se pregar as tábuas de cobrir. A outra solução é a execução de estuques à base de cal e gesso, aplicados sobre fasquiado de madeira. O acabamento mais corrente são as pinturas simples ou decoradas com tintas de óleo, compostas com óleos naturais e pigmentos.



Figura 2.10 - Forro de teto em “camisa e saia” (Fonte: Moreira, 2009)

- **Revestimento e acabamento de cobertura**

O revestimento das coberturas tem como principais funções proteger a estrutura contra os agentes atmosféricos e drenar as águas pluviais. Um revestimento para ser cumprir o seu dever, deve ser leve, impermeável, incombustível e resistente.

As coberturas mais comuns em edifícios antigos é de uma, duas ou mais águas, sendo revestidas por telha, normalmente cerâmica. De acordo com a época e a região onde é fabricada a telha pode haver variações na matéria-prima, dimensão, porosidade, resistência mecânica e o aspeto da telha.

A telha tradicional é a cerâmica de canudo, sendo esta a solução mais frequente. As telhas devem estar presas com grampos e devem ser aplicadas argamassas nas juntas, de modo a assegurar uma melhor estabilidade e estanquidade a toda a cobertura (Guimarães, 2009).

O mouriscado é uma solução que dá mais peso ao telhado, uma vez que os canais são preenchidos com argamassa, oferecendo estabilidade à estrutura relativamente à sucção do vento (Figura 2.11).



Figura 2.11 - Telhado mouriscado com telha cerâmica de canudo (Fonte: ceramicatejo.pt)

A partir de meados do século XIX, começaram a ser utilizadas as telhas de encaixe simples, em especial a telha francesa ou de Marselha. Esta telha é maior e não é necessário o uso de argamassa, tornando assim a sua aplicação mais simples. Devido ao seu encaixe ser nas duas direções, este tipo de telha permite uma melhor vedação em comparação com a telha canudo (Campeão, 2020).



Figura 2.12 - Telhado em telha Marselha (Guimarães, 2009)

Caixilharias

As caixilharias têm funções importantes no que diz respeito à proteção contra elementos atmosféricos, térmica, acústica, ventilação, iluminação e segurança. Em edifícios antigos o material usado nas caixilharias é a madeira, principalmente a casquinha, também o castanho e o carvalho.

Nas janelas diferenciam-se as partes fixas e as móveis. As partes fixas apresentam menos problemas e dificuldades construtivas, ao contrário das partes móveis, uma vez que a sua ligação adequada, depende fundamentalmente da vedação e eficácia das caixilharias.



Figura 2.13 - Caixilharia de batente com duas folhas com bandeira (Lopes, 2006).

Cantarias

As cantarias são elementos com a particularidade de os blocos de pedra serem talhados geometricamente, originando as faces de assentamento planas. Para além destas são chamadas pedra de cantaria, todas aquelas que são aparelhadas e de diversas formas, utilizadas em vergas, soleiras, ombreiras, mísulas, cachorros, colunas, cimalkhas, frontões e fachadas (Costa, 2009).

A utilização de cantarias em edifícios antigos têm duas funções principais (Silva, 2017):

- Função estrutural, localizando a pedra aparelhada nas zonas mais importantes do edifício: pilastras, contorno de abertura de portas e janelas, cimalkhas, cornijas, socos, etc.
- Função decorativa, marcando a qualidade e nobreza da construção do edifício, sendo um importante marcador da qualidade.

As cantarias podem ser consideradas como elemento valorizador regional, uma vez que as rochas utilizadas são, quando possível, típicas da região em que estão inseridas. Destaca-se a abundância da construção com cantaria de granito nas regiões do Douro e Beiras.

CAPÍTULO 3

EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES

A reabilitação de um edifício consiste em recuperar e beneficiar a construção. É necessário verificar se é possível aplicar a legislação em vigor à construção tradicional de modo a conseguir um melhor conforto térmico, acústico e hídrico como se de uma construção nova se tratasse, melhorando as características do edifício e evitando a demolição que acaba por ser prejudicial ao meio ambiente.

3.1 COMPORTAMENTO TÉRMICO

O estudo do conforto térmico dos edifícios é indispensável, pois o ambiente que é proporcionado aos que nele habitam é um fator que condiciona a saúde e o bem-estar. Cada vez mais existe a preocupação de alcançar esse conforto com gastos de energias mínimos.

O Homem passa cerca de 90% do seu tempo em espaços interiores assim, torna-se importante analisar o que é necessário melhorar para proporcionar uma qualidade de vida melhor.

O Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios (2021) apresenta um conjunto de fórmulas em que foi possível elaborar tabelas sínteses relativamente ao comportamento térmico de um edifício, que estão apresentadas de seguida.

Na Tabela 3.1 e na Tabela 3.2 estão dispostas todas as equações necessárias para um edifício de habitação usando valores previstos na estação de aquecimento e arrefecimento, respetivamente.

Tabela 3.1 - Comportamento térmico para a estação de aquecimento para edifícios de habitação previsto

Necessidades nominais de energia útil para aquecimento	$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p} [kWh/m^2 \cdot ano]$
Transferência de calor por transmissão através da envolvente	$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i} [kWh]$
Coefficiente global de transferência de calor por transmissão	$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} [W/^\circ C]$

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior	$H_{ext} = \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\psi_j \cdot B_j] [W/^{\circ}C]$
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior	$H_{enu,adj} = btr \times \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\psi_j \cdot B_j] [W/^{\circ}C]$
Coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o solo	$H_{esc} = \sum_i [U_{bf_i} \cdot A_i] + \sum_j [z_j \cdot P_j \cdot U_{bw_j}] [W/^{\circ}C]$
Transferência de calor por ventilação	$Q_{ve,i} = 0,024 \times GD \times H_{ve,i} [kWh]$
Coeficiente global de transferência de calor por ventilação	$H_{ve,i} = 0,34 \times R_{ph,i} \times A_p \times P_d [W/^{\circ}C]$
Ganhos térmicos úteis	$Q_{gu,i} = \eta_i \times Q_{g,i} [kWh]$
	$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} [kWh]$
	$Q_{int,i} = 0,72 q_{int} \times M \times A_p [kWh/ano]$
	$Q_{sol,i} = G_{sul} \times \sum_j \left[X_j \cdot \sum_n F_{s,ijn} \cdot A_{s,ijn} \right] \times M [kWh/ano]$
Fator de utilização dos ganhos térmicos	$\gamma = \frac{Q_g}{Q_{tr} + Q_{ve}}$

Tabela 3.2 - Comportamento térmico para a estação de arrefecimento para edifícios de habitação previsto

Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento	$N_{vc} = \frac{(1 - \eta_{vref}) \cdot Q_{g,vref}}{A_p} [kWh/m^2 \cdot ano]$
Transferência de calor por transmissão através da envolvente	$Q_{tr_v} = H_{tr,v} (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \times \frac{L_v}{1000} [kWh]$
Coeficiente global de transferência de calor por transmissão	$H_{tr,v} = H_{ext} + H_{enu} + H_{ecs} [W/^{\circ}C]$
Transferência de calor por ventilação	$Q_{tr_v} = 2,928 (25 - \theta_{v,ext}) \times H_{ve,v} [kWh]$
Coeficiente de transferência de calor por ventilação	$H_{ve,v} = 0,34 \times R_{ph,v} \times A_p \times P_d [kWh]$
Ganhos térmicos brutos	$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} [kWh]$
	$Q_{int,v} = 2,928 \times q_{int} \times A_p [kWh]$
	$Q_{sol,v} = \sum_j \left[G_{sol_j} \sum_n (F_{s,vnj} A_{s,vnj}) \right] [kWh]$

Fator de utilização dos ganhos térmicos	$\gamma_v = \frac{Q_{g,v}}{Q_{tr,v} + Q_{ve,v}}$
Necessidades nominais anuais de energia útil para AQS	$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4,187 \times \Delta T \times n_d}{3600} [kWh/ano]$
Consumos de ventilação mecânica	$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} \times \frac{\Delta P}{\eta_{tot}} \times \frac{H_f}{1000} [kWh/ano]$
Necessidades nominais anuais de energia primária	
$N_{tc} = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{tc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{tc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{W_{vm}}{A_p} \right) \cdot F_{pu,j} - \sum_j \left(\sum_k \frac{E_{ren,p}}{A_p} \right) \cdot F_{pu,p}$ $kWh_{EP} / (m^2 \cdot ano)$	

Nas Tabela 3.3 estão dispostas todas as equações necessárias para um edifício de habitação usando valores de referência quer para a estação de aquecimento quer para a de arrefecimento.

Tabela 3.3 - Conforto térmico para edifícios de habitação de referência

Necessidades nominais de energia útil para aquecimento de referência	$N_i = \frac{Q_{tr,i_{ref}} + Q_{ve,i_{ref}} - Q_{gu,i_{ref}}}{A_p} [kWh/m^2 \cdot ano]$
Transferência de calor por transmissão através da envolvente do edifício de referência	Igual ao edifício previsto, consultar a Tabela I.02 (Portaria nº349-B/2013 e a Tabela I.01 (Portaria nº349-A/2013)
Transferência de calor por ventilação de referência	a) Se $R_{ph,i} < 0,5 h^{-1}$, então $R_{ph,i_{ref}} = 0,5 h^{-1}$; b) Se $0,5 \leq R_{ph,i} \leq 0,6 h^{-1}$, então $R_{ph,i_{ref}} = R_{ph,i}$; c) Se $R_{ph,i} > 0,6 h^{-1}$, então $R_{ph,i_{ref}} = 0,6 h^{-1}$.
Ganhos térmicos úteis	$Q_{sol,i_{ref}} = G_{sul} \times 0,146 \times 0,15 \times A_p \times M [kWh/ano]$
Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de referência	$N_v = \frac{(1 - \eta_{v_{ref}}) \cdot Q_{g,v_{ref}}}{A_p} [kWh/m^2 \cdot ano]$
Fator de utilização de ganhos de referência	$\eta_{v_{ref}} = \begin{cases} 0,52 + 0,22 \ln \Delta \theta & \Delta \theta > 1 \\ 0,45 & 0 < \Delta \theta \leq 1 \\ 0,30 & \Delta \theta \leq 0 \end{cases}$ $\Delta \theta = \theta_{ref,v} - \theta_{ext,v}$
Ganhos térmicos brutos de referência	$Q_{g,v_{ref}} / A_p = [q_{int} \cdot 2,928 + g_{v_{ref}} (A_w / A_p)_{ref} I_{sol_{ref}}]$ $[kWh/m^2]$

Necessidades nominais anuais de energia útil para AQS	É efetuada tal como o edifício previsto
Necessidades nominais anuais de energia primária de referência	$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot \frac{Q_{a,ref}}{A_p}}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j}$ $kWh_{EP}/(m^2 \cdot ano)$
Classe energética	$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t}$

Para edifícios de habitação existentes sujeitos a intervenção é fundamental que se verifique os coeficientes referentes à relação entre os valores de necessidades nominais e o seu limite, de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária, conforme a Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Relação entre os valores das necessidades nominais e limite (Portaria nº349-B/2013)

Ano de construção	N_{ic}/N_i	N_{vc}/N_v	N_{tc}/N_t
Anterior a 1960	Não aplicável	Não aplicável	1,50
Entre 1960 e 1990	1,25	1,25	1,50
Posterior a 1990	1,15	1,15	1,50

3.2 COMPORTAMENTO ACÚSTICO DE EDIFÍCIOS

Nos dias de hoje, é cada vez mais evidente o aumento dos níveis de ruído, em particular nos grandes centros urbanos, sendo fundamental o isolamento acústico dos edifícios de forma a proporcionar um melhor conforto aos seus ocupantes.

Posto isto, é importante reduzir os efeitos negativos do ruído, isto pode ser conseguido através da aplicação de materiais isolantes e de soluções construtivas adequadas, capazes de minorar o nível sonoro no interior das habitações, e consequentemente, melhorar a qualidade de vida dos seus ocupantes.

Assim sendo, a reabilitação de um edifício antigo pode ser uma excelente oportunidade para melhor o seu desempenho acústico.

No estudo da acústica de edifícios é importante distinguir dois tipos de ruído:

- **Ruídos de condução aérea:** a transmissão é feita unicamente por vibração do ar sem contacto direto do estímulo original com a estrutura. Estes ruídos podem ser provenientes do exterior ou

interior do edifício. Como exemplo temos: os ruídos de vozes, os de tráfego rodoviário ou ferroviário, a proximidade de aeroportos. (Queiroz, 2015).

- **Ruídos de percussão:** ruídos que resultam de uma ação de choque exercida diretamente sobre um elemento construtivo ou de compartimentação, podendo propagar-se a espaços interiores relativamente afastados da origem do ruído, podendo ser por vezes mais incómodos do que os sons aéreos. São por exemplo os ruídos de passos num pavimento, o bater de portas, o arrastar de móveis, entre outros (Queiroz, 2015).

Na Figura 3.1 é possível verificar como se propagam os dois tipos de ruído anteriormente mencionados.

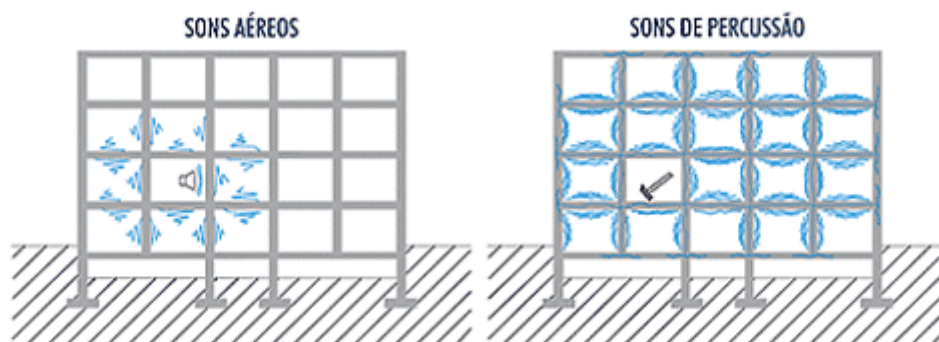


Figura 3.1 - Propagação de sons aéreos e sons de percussão (Fonte: *Imperialum*, 2022)

Para minimizar os ruídos de condução aérea as soluções adotadas podem ser as seguintes: aumentar a massa dos elementos divisórios (paredes e pavimentos), utilizar materiais absorventes, ou duplicar os paramentos envolvidos, como por exemplo optar por paredes duplas.

Já os ruídos de percussão são minimizados através da aplicação de elementos que anulem a propagação da excitação criada nos elementos estruturais. Assim a utilização de lajes flutuantes, mantas acústicas em pavimentos ou vedação de borracha em portas, são soluções para perturbar o meio de propagação deste ruído que minimizam a sua ação (Sampaio, 2016)

Legislação aplicável

Os edifícios de habitação têm de verificar inúmeros critérios relativamente ao comportamento acústico, estando estes presentes em nos seguintes regulamentos:

- **Regulamento Geral do Ruído (RGR)** que está definido no Decreto-Lei nº 09/2007, de 17 de janeiro, retificado pela Declaração de Retificação nº 18/2007, de 16 de março e alterado pelo Decreto-Lei nº 278/2007, de 1 de agosto.
- **Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE)** que está definido no Decreto-Lei nº 96/2008, de 9 de junho.

Estes regulamentos serão abordados em seguida, com mais detalhe.

Regulamento Geral do Ruído – RGR

O Regulamento Geral do Ruído (RGR) estabelece “o regime de prevenção do ruído e controlo da poluição, sonora visando a salvaguarda da saúde humana e o bem-estar das populações”.

Segundo o Decreto-Lei nº 09/2007, de 17 de janeiro, no artigo 2º este aplica-se às atividades ruidosas permanentes e temporárias e a outras fontes de ruído suscetíveis de causar incomodidade, designadamente:

- a) Construção, reconstrução, ampliação, alteração ou conservação de edificações;
- b) Obras de construção civil;
- c) Laboração de estabelecimentos industriais, comerciais e de serviços;
- d) Equipamentos para utilização no exterior;
- e) Infraestruturas de transporte, veículos e tráfegos;
- f) Espetáculos, diversões, manifestações desportivas, feiras e mercados;
- g) Sistemas sonoros de alarme.

No artigo 3º, do mesmo Decreto-Lei é descrito algumas definições, onde é possível perceber que existem dois tipos de atividades ruidosas, quatro indicadores de ruído, três períodos de referência, quatro tipos de ruídos, e dois tipos de zonas. De seguida, serão descritas todas estas definições.

Tabela 3.5 - Definição de Atividade Ruidosa Permanente e Temporária

Atividade Ruidosa Permanente	atividade desenvolvida com carácter permanente, ainda que sazonal, que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído, designadamente laboração de estabelecimentos industriais, comerciais e de serviços.
Atividade Ruidosa Temporária	atividade que, não constituindo um ato isolado, tenha carácter não permanente e que produza ruído nocivo ou incomodativo para quem habite ou permaneça em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído tais como obras de construção civil, competições desportivas, espetáculos, festas ou outros divertimentos, feiras e mercados.

Indicador de Ruído: o parâmetro físico matemático para a descrição do ruído ambiente que tenha uma relação com um efeito prejudicial na saúde ou no bem-estar humano.

- **Indicador de ruído diurno** (L_d) ou (L_{day});
- **Indicador de ruído entardecer** (L_e) ou ($L_{evening}$);

- **Indicador de ruído noturno** (L_n) ou (L_{night});
- **Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno** (L_{den}).

O Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}) é o indicador de ruído, expresso em dB(A), associado ao incomodo global, sendo obtido através da seguinte expressão:

$$L_{den} = 10 \times \log \left(\frac{1}{24} \right) \left[13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right] \quad (3.1)$$

Período de referência: é o intervalo de tempo a que se refere o indicador de ruído, de modo a abranger as atividades humanas típicas, delimitado nos seguintes termos:

- **Período diurno** – das 7 às 20 horas;
- **Período do entardecer** – das 20 às 23 horas;
- **Período noturno** – das 23 às 7 horas.

Tabela 3.6 - Definição dos vários tipos de ruído

Ruído de vizinhança	ruído associado ao uso habitacional e às atividades que lhe são inerentes, produzido diretamente por alguém ou por intermédio de outrem, por coisa à sua guarda ou animal colocado sob a sua responsabilidade, que, pela sua duração, repetição ou intensidade, seja suscetível de afetar a saúde pública ou a tranquilidade da vizinhança.
Ruído ambiente	ruído global observado numa dada circunstância num determinado instante, devido ao conjunto das fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado
Ruído particular	componente do ruído ambiente que pode ser especificamente identificada por meios acústicos e atribuída a uma determinada fonte sonora.
Ruído residual	ruído ambiente a que se suprimem um ou mais ruídos particulares, para uma situação determinada.

Tabela 3.7 - Definição de Zona Mista e Sensível

Zona mista	área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível.
Zona sensível	área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno.

Classifica-se ainda uma zona urbana consolidada como sendo uma zona sensível ou mista com ocupação estável em termos de edificação.

As Camaras Municipais devem “estabelecer nos planos municipais de ordenamento do território a classificação, a delimitação e a disciplina das zonas sensíveis e das zonas mistas” (RGR,2007).

Em função da classificação de uma zona como mista ou sensível, devem ser respeitados os valores limite de exposição que estão indicados na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Valores limite de exposição

Zonas	L_n (dB)	L_{den} (dB)
Zonas mistas	≤ 55	≤ 65
Zonas sensíveis	≤ 45	≤ 55
Zonas sensíveis em cuja proximidade já exista em exploração uma grande infraestrutura de transporte ou esteja projetada uma grande infraestrutura de transporte aéreo	≤ 55	≤ 65
Zonas sensíveis cuja proximidade esteja projetada uma grande infraestrutura de transporte aéreo	≤ 50	≤ 60

O RGR estabelece ainda que a utilização ou alteração da utilização de edifícios e suas frações está sujeita à verificação do cumprimento do projeto acústico a efetuar pela camara municipal, no âmbito do respetivo procedimento de licença ou autorização da utilização, podendo a camara, para o efeito, exigir a realização de ensaios acústicos.

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios -RRAE

Este regulamento estabelece os requisitos acústicos dos edifícios, com o objetivo de melhorar as condições de qualidade acústica dos mesmos, aplicando-se à construção, reconstrução, ampliação ou alteração dos seguintes tipos de edifícios, em função dos usos a que estes se destinam:

- Edifícios habitacionais e mistos e unidades hoteleiras;
- Edifícios comerciais e de serviços e partes similares em edifícios industriais;
- Edifícios escolares e similares e de investigação;
- Edifícios hospitalares e similares;
- Recintos desportivos;
- Estações de transporte de passageiros;
- Auditórios e salas.

Para efeito do presente regulamento existem algumas definições importantes a considerar. Segundo o artigo 2º, do Decreto-Lei nº 986/2008, de 9 de junho, entende-se por:

- **Tempo de reverberação, T** – intervalo de tempo necessário para que a energia volúmica do campo sonoro de um recinto fechado se reduza a um milionésimo do seu valor inicial.
- **Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{2m,nT}$** – diferença entre o nível médio de pressão sonora exterior, medido a 2 metros da fachada do edifício ($L_{1,2m}$), e o nível médio de pressão sonora medido no local de receção (L_2), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor. Segundo a expressão:

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \log(T/T_o) \quad [dB] \quad (3.2)$$

Em que,

T – Tempo de reverberação do compartimento recetor [s];

T_o – Tempo de reverberação de referência (considera-se 0,5 s).

- **Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, D_{nT}** – diferença entre o nível médio de pressão sonora medido no compartimento emissor (L_1) produzido por uma ou mais fontes sonoras, e o nível médio de pressão sonora medido no local de receção (L_2), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor. Segundo a expressão:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log(T/T_o) \quad [dB] \quad (3.3)$$

- **Nível sonoro de percussão padronizado, L'_{nT}** – nível sonoro médio medido no local de receção (L_i), proveniente de uma excitação de percussão normalizada exercida sobre um pavimento, corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor. Segundo a expressão:

$$L'_{nT} = L_1 - 10 \log(T/T_o) \quad [dB] \quad (3.4)$$

- **Nível avaliação padronizado, $L_{Ar,nT}$** – nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A , durante um intervalo de tempo especificado, adicionado da correção devida às características tonais do ruído, K , e corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor. Segundo a expressão:

$$L_{Ar,nT} = L_A + K - 10 \log(T/T_o) \quad [dB] \quad (3.5)$$

Em que,

$K = 3 \text{ dB}$, se forem detetadas componentes tonais; o método para detetar se existem características tonais no intervalo de tempo, consiste em verificar, no espectro de 1/3 de oitava, se o nível sonoro excede o das adjacentes em 5 dB(A) ou mais, caso em que o ruído deve ser considerado tonal.

- **Termo de adaptação, C ou C_r** – correção definida na EN ISO 717-7, função de características espectrais do ruído na emissão, a anexar ao índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea.

No artigo 5º, do presente decreto, diz que os edifícios e as suas frações que se destinem a usos habitacionais ou que se destinem também a comércio, indústria, serviços ou diversão estão sujeitos aos requisitos acústicos dispostos nas seguintes tabelas.

Tabela 3.9 - Isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e quartos ou zonas de estar

$D_{2m,nT}$	Edifícios localizados
≥ 33 dB	Zonas mistas ou sensíveis em cuja proximidade já exista uma grande infraestrutura de transporte ou esteja projetada uma grande infraestrutura de transporte aéreo ou esteja projetada uma grande infraestrutura de transporte não aéreo.
≥ 28 dB	Zonas sensíveis em que o ruído ambiente exterior não é superior a 55 dB (A), expresso pelo indicador L_{den} , nem superior a 45 dB (A), expresso pelo indicador L_n
$\geq 33 + 3$ dB $\geq 28 + 3$ dB	Zonas urbanas consolidadas, desde que essa zona: a) seja abrangida por um plano municipal de redução de ruído; b) não exceda em mais de 5 dB (A) os valores fixados no art. 11º e que o projeto acústico considere valores do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, normalizado, , superiores em 3 dB
$D_{2m,nT,W} + C$	Quando a área translúcida for > 60% da área da fachada e o ruído dominante for (...).
$D_{2m,nT,W} + C_r$	Quando a área translúcida for > 60% da área da fachada e o ruído dominante for o tráfego.

Tabela 3.10 - Isolamento sonoro a sons de condução aérea entre compartimentos e quartos ou zonas de estar

$D_{nT,W}$	Índice de Isolamento sonoro a sons de condução aérea padronizado
≥ 50 dB	Entre compartimentos de um fogo (emissão) e quartos ou zonas de estar de outro fogo (receção).
≥ 48 dB	Entre locais de circulação comum (emissão) e quartos ou zonas de estar de fogos (receção).
≥ 40 dB	Se o local emissor for Caixa de Escadas e existirem ascensores.
≥ 50 dB	Se o local emissor for uma garagem para automóveis.
≥ 58 dB	Zonas urbanas consolidadas, desde que essa zona: a) seja abrangida por um plano municipal de redução de ruído; b) não exceda em mais de 5 dB (A) os valores fixados no art. 11º e que o projeto acústico considere valores do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, normalizado, $D_{2m,nT}$, superiores em 3 dB.

Tabela 3.11 - Isolamento sonoro a sons de percussão entre compartimentos e quartos ou zonas de estar

$L'_{nT,W}$	Índice de Isolamento sonoro a sons de percussão padronizado
≤ 60 dB	Entre compartimentos de um fogo (emissão) e quartos ou zonas de estar de outro fogo (recepção).
≤ 60 dB	Entre locais de circulação comum (emissão) e quartos ou zonas de estar de fogos (recepção). Esta exigência não se aplica a Caixa de Escadas, se existirem ascensores.
≤ 50 dB	Entre locais destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão (emissão) e quartos ou zonas de estar de fogos (recepção).

Tabela 3.12 - Nível de avaliação do ruído particular de equipamentos coletivos do edifício

$L_{Ar,nT}$	Nível de avaliação
≤ 32 dB(A)	Equipamento de funcionamento intermitente
≤ 27 dB(A)	Equipamento de funcionamento contínuo
≤ 40 dB(A)	Grupo gerador elétrico de emergência.

Modelos numéricos de estimativa dos parâmetros regulamentares

Os métodos para a caracterização do isolamento a sons aéreos de percussão podem-se dividir em métodos de medição “in situ” e métodos estimativos. Na fase de projeto apenas são aplicáveis os métodos de estimativa que serão falados de seguida.

Os valores do índice de isolamento sonoro $D_{2m,nT,w}$ e $D_{nT,w}$ são estimados em função do índice de redução sonora R_w , tornando-se importante definir este parâmetro. O valor do isolamento sonoro R é determinado através da seguinte equação:

$$R_{(f)} = L_{1(f)} - L_{2(f)} + 10 \log \left(\frac{A_{2(f)}}{s} \right) \quad (3.6)$$

Em que,

$L_{1(f)}$ – Nível sonoro do compartimento emissor [dB]

$L_{2(f)}$ – Nível sonoro do compartimento recetor [dB]

$A_{2(f)}$ – Superfície de absorção equivalente do compartimento recetor [m²]

s – Área do elemento entre os dois compartimentos [m²]

Para calcular o índice de redução sonora, R_w , recorre-se ao método da massa teórica que corresponde ao somatório da multiplicação da massa volúmica de cada elemento pela sua espessura, considerando que

ela é homogénea. Após ser encontrada a massa superficial do elemento, recorre-se ao ábaco da lei das massas para determinar o índice de redução sonora (Silva, 2016)

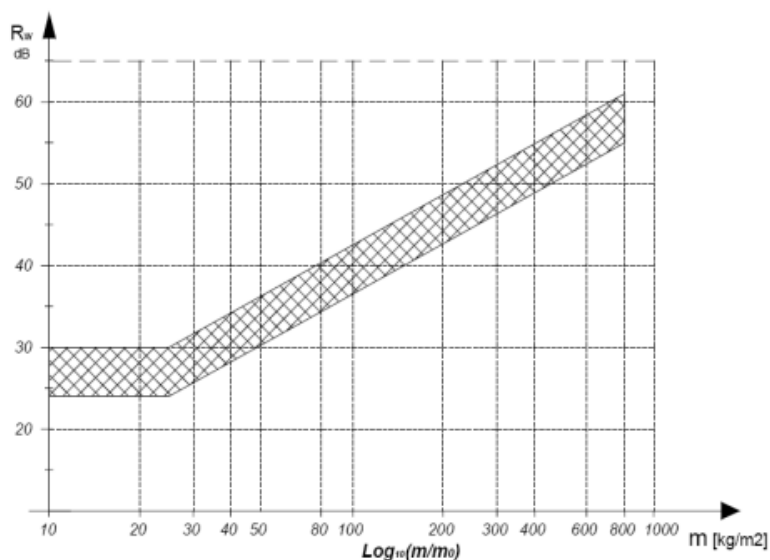


Figura 3.2 - Gráfico para estimar o índice de redução sonora (Almeida, 2009)

No entanto, para aumentar o isolamento do elemento de separação sem aumentar a sua massa, deve-se dividir este elemento em duas ou mais camadas, com espessuras diferentes, acrescido com isolamento acústico no interior.

Assim, para os elementos duplos recorre-se a um método que consiste no acréscimo de isolamento para elementos duplos, no qual se estima o aumento da redução sonora (ΔR_w) através da aplicação de um pano adicional (Queiroz, 2015).

Na Figura 3.3 está representado o gráfico que permite obter o valor de ΔR_w .

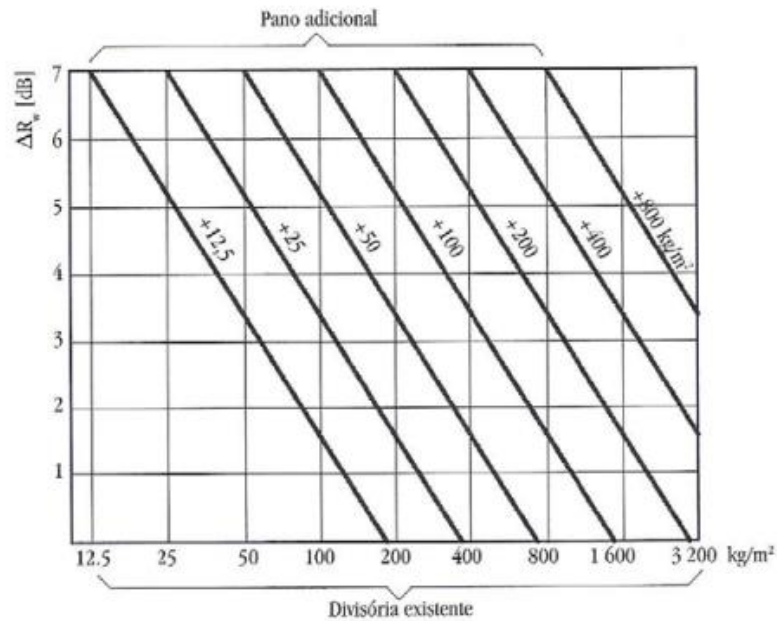


Figura 3.3 - Ábaco para determinar o acréscimo de isolamento sonoro por acrescento de um novo pano divisório (Almeida, 2009)

No caso dos elementos que apresentam mais do que uma solução construtiva, como é o caso das paredes exteriores compostas por envidraçados, é necessário calcular o índice de redução sonora do conjunto, $Rw_{conjunto}$, para estimar o índice de redução sonora do conjunto, através das seguintes expressões:

$$\tau_{conjunto} = \frac{10^{\frac{Rw}{10}} \times S_1 + 10^{\frac{Rw}{10}} \times S_2}{S_1 + S_2} \quad (3.7)$$

$$Rw_{conjunto} = 10 \times \log \left(\frac{1}{\tau_{conjunto}} \right) \quad (3.8)$$

Em que,

$\tau_{conjunto}$ – Coeficiente de transmissão sonora do conjunto

$Rw_{conjunto}$ – Índice de redução sonora do conjunto [dB]

S_i – Área do elemento construtivo [m²]

No caso de elementos de compartimentos interiores, as transmissões marginais (TM), que permitem o encaminhamento e transmissão das vibrações sonoras entre os diferentes compartimentos do edifício, têm uma grande influência na fase de projeto (Campeão, 2021).

Tabela 3.13 - Valor das transmissões marginais em função do R_w , (Campeão, 2021)

Valor de R_w	Valor das transmissões marginais (TM)
$R_w \leq 35 \text{ dB}$	0 dB
$35 \text{ dB} \leq R_w \leq 45 \text{ dB}$	3 dB
$R_w \geq 45 \text{ dB}$	aconselhável recorrer à verificação do comportamento do local

Após a obtenção do índice de redução sonora, é necessário calcular o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e elementos de compartimentação interior, $D_{2m,nT,w}$, através da seguinte expressão:

$$D_{2m,nT,w} = R_w + 10 \log \left(\frac{0,16 \times V}{T_0 \times S} \right) \quad [dB] \quad (3.9)$$

Em que,

R_w – Índice de redução sonora [dB]

V – Volume do compartimento recetor [m³]

T_0 – Tempo de reverberação de referência (normalmente 0,5s)

S – Área do elemento separador [m²]

O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea entre elementos de compartimentação interior, $D_{nT,w}$, é calculado através da seguinte expressão:

$$D_{nT,w} = R_w + 10 \log \left(\frac{0,16 \times V}{T_0 \times S} \right) - TM \quad [dB] \quad (3.10)$$

Relativamente aos sons de percussão, o índice de isolamento sonoro ($L'_{nT,w}$) pode ser estimado através do Método do Invariante ($R_w + L_{n,w}$), que é um método empírico que se destina às lajes de piso a partir do conhecimento prévio do seu índice de isolamento a sons aéreos, R_w , obtido pela Lei da Massa (Campeão, 2021).

O valor global de $R_w + L_{n,w}$ pode ser obtido através da Tabela 3.14, conforme o tipo de pavimento a utilizar.

Tabela 3.14 - Valor global de $Rw + L_{n,w}$ para diferentes tipos de pavimento

Tipo de Pavimento	$Rw + L_{n,w}$
Laje de betão não revestida (espessuras correntes)	130 dB
Laje de betão diretamente revestida com tacos de madeira	115 dB
Laje de betão com lajeta flutuante, revestida a tacos de madeira	110 dB
Pavimento aligeirado de vigotas pré-esforçadas, não revestido	140 dB
Laje de betão com soalho flutuante de madeira	112 dB

O índice de isolamento sonoro a sons de percussão pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$L'_{nT,w} = (Rw + L_{n,w}) - \Delta L_w - 10 \log \left(\frac{0,16 \times V}{A_0 \times T_0} \right) + K_{TM} \quad (3.11)$$

Em que,

ΔL_w – Redução da transmissão de sons de percussão devida ao revestimento do piso [dB]

V – Volume do espaço recetor [m³]

A_0 – Área de absorção equivalente do compartimento recetor [10 m²]

Sendo que o valor de ΔL_w pode ser determinado recorrendo às seguintes tabelas.

Tabela 3.15 - Redução sonora de revestimentos de pisos flutuantes (Campeão, 2021)

Natureza do Revestimento de Piso				ΔL_w (dB)
Designação	Características			
	Massa volúmica (kg/m ³)	Espessura (mm)		
Lajeta flutuante de 40 mm de espessura com a face aparente revestida com tacos de pinho	Aglomerado negro de cortiça	95	10	19
		100	20	20
		100	10	18
		102	6	17
		112	10	18
		120	40	20
		140	12	18
		194	5	15
	Massa Volúmica do regranulado (kg/m ³)			
	Feltro betuminoso com regranulação de cortiça	53		19
		66		20
		114		21
		146		20

Tabela 3.16 - Redução sonora de revestimentos de pisos resilientes (Campeão, 2021)

Natureza do Revestimento de Piso			ΔL_w (dB)
Designação	Características		
	Massa volúmica (kg/m ³)	Espessura (mm)	
Aglomerado composto de cortiça	400	6	16
	490	12	15
	750	3	11
	530	4	17
	430	4	14
Alcatifa	Tufado com base de látex		33
	Tufado com base de favos de borracha		35
	Flocada sobre tecido de juta		23
Revestimento resiliente composto	Aglomerado de cortiça + MDF + aglomerado de cortiça (2mm)		20
	Aglomerado de cortiça + MDF + aglomerado de cortiça (5mm)		20
	Aglomerado de cortiça + MDF + Rubber Cork (2mm)		22
	Folha de madeira + MDF + aglomerado de cortiça (2mm)		20
	Folha de madeira + MDF + aglomerado de cortiça (5mm)		21
	Folha de madeira + MDF + Rubber Cork (2mm)		21

3.3 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS

O Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Águas e Drenagem de Águas Residuais (RGSPPDADAR) é o regulamento que dita as normas para o dimensionamento hidráulico tanto dos sistemas públicos como também das ligações de água e esgoto. Segundo este regulamento, o objetivo do Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de agosto de 1995, é assegurar o bom funcionamento global, garantindo a segurança, a saúde pública e o conforto da população.

Sistemas de distribuição predial de água

No RGSPPDADAR, no capítulo IV, faz referência à rede predial de água fria e água quente descrevendo as regras de dimensionamento, do traçado, da instalação, da natureza dos materiais, entre outros pontos importantes para a realização de um projeto de abastecimento de águas.

Este regulamento refere ainda o caudal mínimo a considerar em cada dispositivo de utilização quer para abastecimento de água quente, quer para o de água fria (anexo IV), opções de determinação do caudal de cálculo (anexo V) e os limites de velocidades e de pressões.

O processo de dimensionamento de uma rede de abastecimento predial de água passa pela determinação dos caudais e do diâmetro mínimo. Escolhido o diâmetro, é preciso verificar se a velocidade está entre os valores regulamentares, caso esteja passa-se para a verificação das pressões, caso não verificar é necessário escolher outro diâmetro. A pressão deve também respeitar os valores regulamentares, caso contrário deve ser escolhido novo diâmetro.

- **Caudal de cálculo**

Os caudais instantâneos são os necessários e suficientes que deverão chegar aos diferentes dispositivos de utilização. Na Tabela 3.17 são apresentados os caudais instantâneos mínimos a considerar no dimensionamento dos sistemas de distribuição, segundo o RGSPDADAR.

Tabela 3.17 - Caudais mínimos

Dispositivos		Caudais mínimos (l/s)
Lavatório individual	Lv	0,10
Lavatório coletivo (por bica)	Lvi	0,05
Bidé	Bd	0,10
Banheira	Ba	0,25
Chuveiro individual	Ch	0,15
Pia de despejos com torneira de $\varnothing$ 15 mm	Pd	0,15
Autoclismo de bacia de retrete	Br	0,10
Urinol com torneira individual	Mi	0,15
Pia lava-louça	LI	0,20
Bebedouro	Bdo	0,10
Máquina de lavar louça	MI	0,15
Máquina de lavar roupa	Mr	0,20
Tanque de lavar roupa	Tq	0,20
Bacia de retrete fluxómetro	Brf	1,50
Urinol com fluxómetro	Mif	0,50
Boca de rega ou lavagem de $\varnothing$ 15 mm	Re	0,30
Boca de rega ou lavagem de $\varnothing$ 20 mm	Re	0,45
Máquinas industriais e outros aparelhos não especificados		Em conformidade com as instruções do fabricante

Conhecendo a quantidade e o tipo de aparelhos que estão ligados à secção em estudo, obtém-se o caudal acumulado através da soma dos caudais mínimos.

No entanto o caudal de cálculo não se traduz por este somatório (caudal acumulado), mas sim por este mesmo somatório afetado de um coeficiente, denominado de coeficiente de simultaneidade, que tem em conta a possibilidade dos dispositivos de utilização não estarem a funcionar todos ao mesmo tempo.

O coeficiente de simultaneidade é a relação entre o caudal simultâneo máximo previsível (Q_c) e o caudal acumulado de todos os dispositivos de utilização alimentados através de uma dada secção (Q_a) (RGSPDADAR, 1995).

$$Q_c = K \cdot Q_a \quad (3.12)$$

No caso da instalação de fluxómetros, que são dispositivos de alimentação com caudal controlado e de fechamento automático, ao caudal de cálculo obtido deve-se ainda adicionar o caudal de cálculo dos fluxómetros (Q_{flucom}), considerando o número de fluxómetros instalados e a sua utilização simultânea, segundo a Tabela 3.18

$$Q_c = K \cdot Q_a + Q_{flucom} \quad (3.13)$$

Tabela 3.18 - Número de fluxómetros em utilização simultânea (RGSPDADAR, 1995)

Número de fluxómetros instalados	Em utilização simultânea
3 a 10	2
11 a 20	3
21 a 50	4
Mais de 50	5

O coeficiente de simultaneidade pode ser obtido por via analítica ou gráfica. O regulamento português faz referência ao método gráfico, e é apresentado uma curva que fornece os caudais de cálculo para um nível de conforto médio em função dos caudais acumulados, tendo em conta os coeficientes de simultaneidade (Figura 3.4).

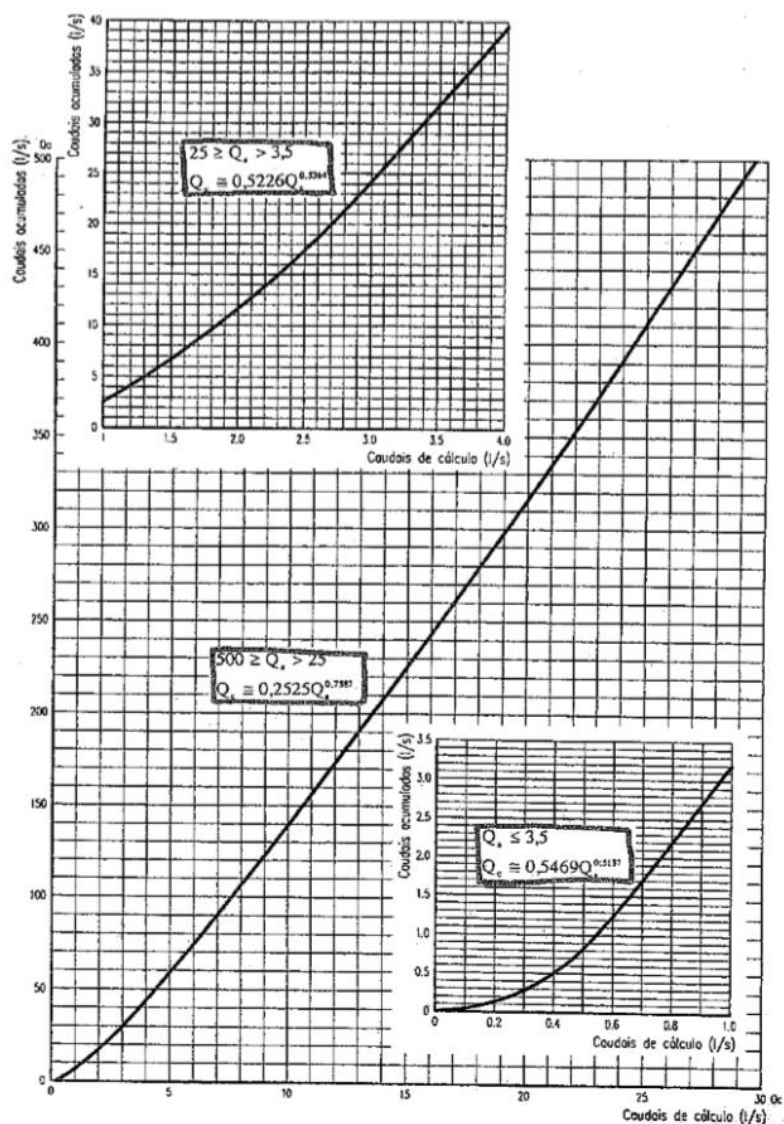


Figura 3.4 - Caudal de cálculo em função do caudal acumulado, para um nível de conforto médio
(RGSPDADAR, 1995)

No entanto, a consulta deste gráfico é suscetível a erros, as curvas dos gráficos foram traduzidas para a forma de equações matemáticas, para o conforto médio:

$Q_a \leq 3,5 \text{ l/s}$	$Q_c = 0,5469 \times Q_a^{0,5837}$	(3.14)
$3,5 \text{ l/s} < Q_a \leq 25 \text{ l/s}$	$Q_c = 0,5226 \times Q_a^{0,5364}$	(3.15)
$25 \text{ l/s} < Q_a \leq 500 \text{ l/s}$	$Q_c = 0,2525 \times Q_a^{0,5837}$	(3.16)

Em que,

Q_c – Caudal de cálculo (l/s)

Q_a – Caudal acumulado (l/s)

- **Diâmetro**

Sá (2012) apresenta um esquema que demonstra o processo de determinação do diâmetro. O cálculo do diâmetro mínimo para tubagens de um sistema de abastecimento predial pode ser feito como demonstra a Figura 3.5.

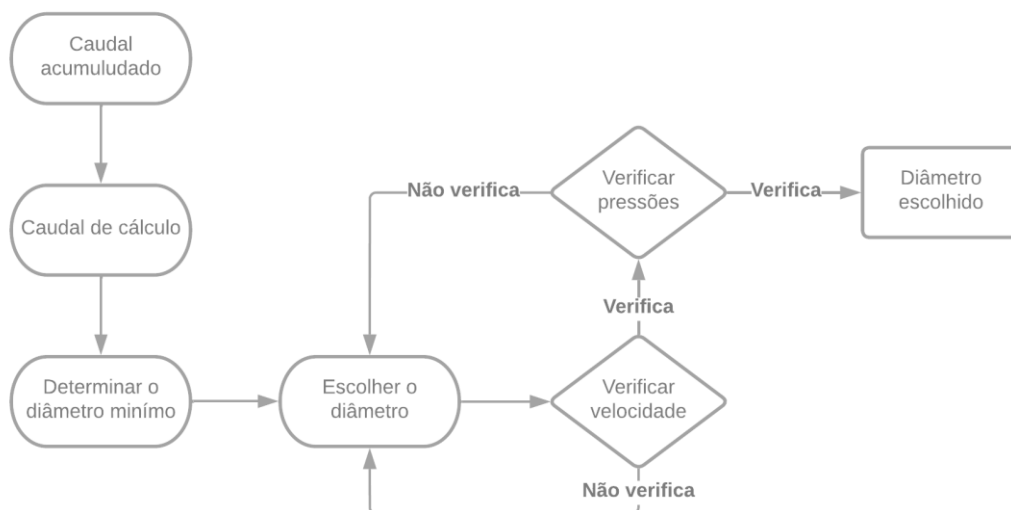


Figura 3.5 - Esquema do processo de determinação do diâmetro (Adaptado: Sá, 2012)

Com os caudais de cálculo (Q_c) determinados podemos passar para a determinação do diâmetro, através da Equação da Continuidade:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{1,273 \cdot Q_c}{U}} \quad (3.17)$$

Em que,

D_{min} – Diâmetro mínimo (m)

U – Velocidade de escoamento (m/s)

Numa fase inicial do dimensionamento a equação ((3.17) apresenta duas incógnitas, a velocidade de escoamento e o diâmetro mínimo. Assim sendo, e de modo a facilitar o cálculo atribui-se um valor à velocidade de escoamento, que normalmente é 1 m/s, uma vez que respeita os limites de velocidade impostos pelo regulamento.

Com o diâmetro determinado, é escolhido o diâmetro comercial mais aproximado do diâmetro mínimo. Após isto, é calculada a velocidade de escoamento para ver se verifica os valores regulamentares estipulados, através da seguinte equação:

$$U = \frac{1,273 \cdot Q_{calculado}}{D_{int}^2} \quad (3.18)$$

Em que,

D_{int} – Diâmetro interno da tubagem escolhida (m)

Caso o valor da velocidade não ficar dentro do intervalo regulamentar, é obrigatório escolher outro diâmetro, e consequentemente calcular novamente a velocidade, até verificar. Após esta verificação passa-se para a determinação das perdas de carga.

- **Perdas de carga**

Quando um fluido se desloca no interior de uma tubagem ocorre atrito desse fluido com as paredes da tubagem, ocorre também uma agitação do fluido com ele mesmo, este fenómeno faz com que a pressão que existe no interior da tubagem diminua aos poucos à medida que o fluido se desloca, esta redução de pressão é denominada por Perda de Carga. Estas perdas estão relacionadas com as características da tubagem, variações de direção, variações de cotas ou passagem por dispositivos.

As perdas de carga podem ser designadas por localizadas ou por contínuas. As perdas de carga contínuas estão associadas às características internas das tubagens. As perdas de cargas localizadas ocorrem devido às mudanças de direção, variação de cotas, passagem por dispositivos e válvulas (Sá, 2012).

No cálculo das perdas de carga utiliza-se, normalmente, a fórmula de Flamant

$$J = 4b \cdot v^{7/4} \cdot D^{-5/4} \quad (3.19)$$

Em que,

D – Diâmetro (m);

b – Fator de rugosidade do material;

v – Velocidade de escoamento (m/s);

Na fórmula de Flamant a perda de carga depende do material escolhido para as tubagens e a rugosidade do material. O fator de rugosidade, b , pode ser um dos seguintes valores apresentados na Tabela 3.19.

Tabela 3.19 - Valores do fator rugosidade do material (Pedroso, 2008)

Material	b
Aço	0,000230
Cobre e Aço Inox	0,000152
Plásticos	0,000134

O cálculo das perdas localizadas pode ser feito através de um método simplificado, que consiste em definir o valor das perdas de cargas localizadas como uma percentagem das perdas de carga contínua, ou pode ser realizado pela contabilização de todas as perdas localizadas existentes no local (Sá, 2012).

O método simplificado evita uma determinação exaustiva de todas as perdas de carga, permitindo assim uma estimativa imediata das perdas de carga. Por norma, a percentagem de perda de carga continua a ser considerada para a contabilização das perdas de carga localizadas, anda por volta dos 20% (Pedroso, 2008).

• Pressões

O Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais dita que:

As pressões de serviço nos dispositivos de utilização devem situar-se entre 50 kPa e 600 kPa, sendo recomendável, por razões de conforto e durabilidade dos materiais, que se mantenham entre 150 kPa e 300 kPa.

De modo que estas imposições sejam cumpridas é necessário fazer a verificação das pressões existentes nas tubagens ao longo da rede de abastecimento predial.

O cálculo das pressões parte do princípio de conservação de energia de um dado volume de controlo entre duas diferentes secções, traduzido de forma simples pela Equação de Bernoulli, de acordo com a Figura 3.6:

$$P_1 + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \Delta H_T = P_2 + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (3.20)$$

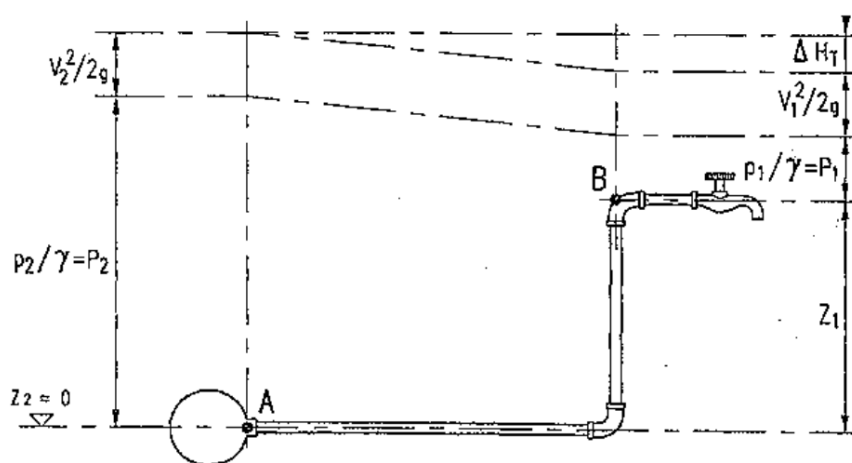


Figura 3.6 - Linhas de energia num sistema (Pedroso, 2008)

Como $Z_{mon} = 0$ e a parcela referente à diferença entre as energias cinéticas assume valor desprezável, a pressão a assegurar no ponto A será dada pela expressão:

$$P_2 = P_1 + Z_1 + \Delta H_T \quad (3.21)$$

Sistemas de drenagem predial de águas residuais

Neste subcapítulo irá ser abordado o Título V – “Sistemas de drenagem predial de águas residuais”, do RGSPDADAR, que engloba os elementos base a considerar no dimensionamento, como os caudais de descarga e os caudais de cálculo e as regras de dimensionamento de cada um dos elementos da rede predial de drenagem.

- **Caudais de descarga**

Os caudais de descarga são os caudais descarregados pelos aparelhos sanitários para a rede de drenagem, tendo em conta as suas características particulares (Pedroso, 2008).

Os caudais de descarga a considerar para os diferentes aparelhos e equipamentos sanitários instalados numa edificação devem estar em conformidade com o fim específico a que se destinam, os valores mínimos dos caudais de descarga a considerar nos aparelhos e equipamentos sanitários estão indicados na Tabela 3.20. No entanto, alguns fabricantes dos aparelhos sanitários recomendam caudais de valor superior.

Tabela 3.20 - Caudais mínimos de descarga dos aparelhos sanitários (Fonte: Abreu, 2020)

Aparelho	Símbolo	Caudal de descarga (l/min)
Bacia de retrete	Br	90
Banheira	Ba	60
Bidé	B	30
Chuveiro	Ch	30
Lavatório	L	30
Máquina de lavar louça	ML	60
Máquina de lavar roupa	MR	60
Mictório de espaldar	Me	90
Mictório suspenso	Ms	60
Pia avá-Louça	LL	30
Tanque	T	60

- **Caudais de cálculo**

Os caudais de cálculo a considerar no dimensionamento das redes de drenagem resultam do somatório dos caudais de descarga atribuídos aos aparelhos sanitários (caudais acumulados). No entanto,

condissera-se a possibilidade dos equipamentos e aparelhos sanitários não funcionarem ao mesmo tempo, no mesmo edifício, pelo que o caudal é afetado por um coeficiente de simultaneidade que traduz a possibilidade dessa ocorrência (Ferreira Sousa, 2013).

Segundo o artigo nº91 do RGSPDADAR, entende-se por coeficiente de simultaneidade, numa dada secção, a relação entre o caudal de cálculo, e o caudal acumulado de todos os dispositivos de utilização alimentados através dessa secção.

$$Q_c = k \times Q_a \quad (3.22)$$

No caso de escolas, internatos, balneários, recintos desportivos, quartéis, entre outros, em que seja previsível a utilização simultânea dos aparelhos instalados, o coeficiente de simultaneidade que afetará o somatório dos caudais de descarga é igual à unidade (Pedroso, 2008).

O coeficiente de simultaneidade pode ser obtido de forma analítica ou gráfica resultante de dados estatísticos.

O RGSPDADAR apresenta uma curva que, tendo em conta os coeficientes de simultaneidade, possibilita obter os caudais de cálculo em função dos caudais acumulados e pode ser utilizada para os casos correntes de habitação Figura 3.7.

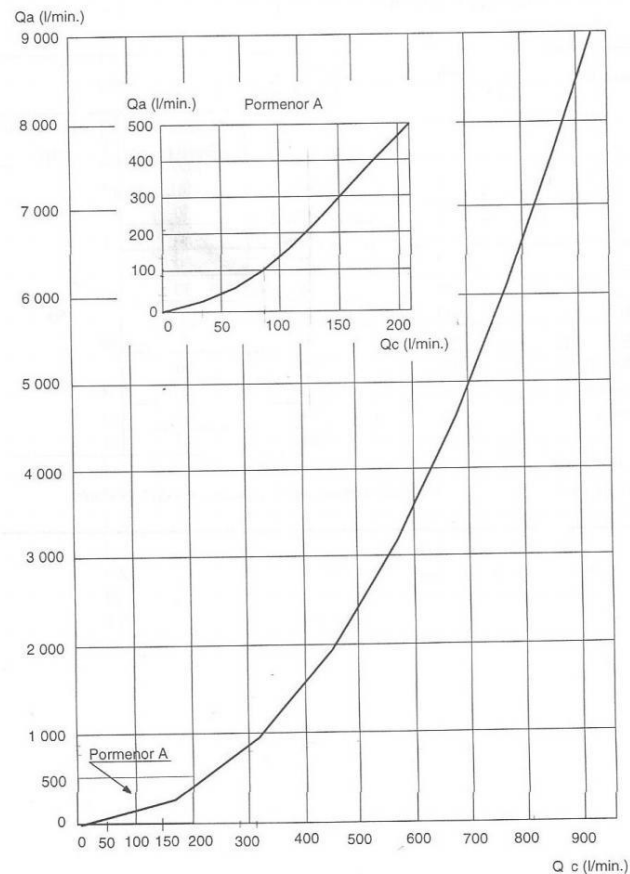


Figura 3.7 - Determinação dos caudais de cálculo em função dos caudais acumulados (Fonte: Ferreira, 2013)

De modo a evitar erros aquando da consulta do gráfico, o caudal de cálculo pode ser determinado através da seguinte equação:

$$Q_c = 7,3497 \cdot Q_a^{0,5352} \quad (3.23)$$

- **Ramais de descarga**

De acordo com o RGSPDADAR, os ramais de descarga individuais podem ser dimensionados para escoamento a secção cheia, desde que sejam respeitadas as distâncias máximas entre o sifão e a secção ventilada não ultrapassem os valores estabelecidos regulamentarmente. A Figura 3.8 indica o ábaco que define as distâncias máximas admissíveis.

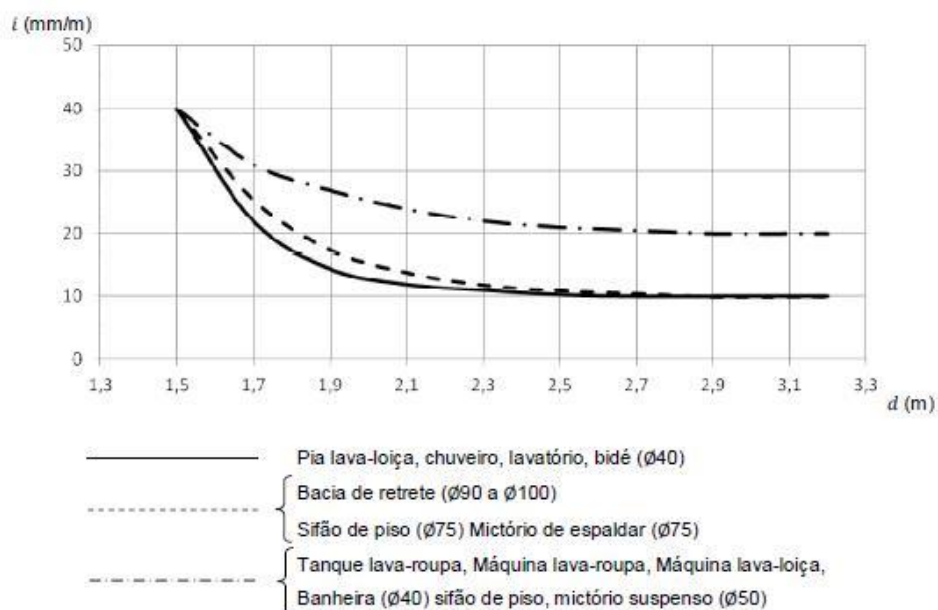


Figura 3.8 - Distância máxima entre o sifão e a secção ventilada (Fonte: Ferreira, 2013)

Quando as distâncias são excedidas e nos sistemas sem ramais de ventilação, os ramais de descarga devem ser dimensionados para escoamento a meia secção, o mesmo acontece para os ramais de descarga não individuais, que devem ser dimensionados para a meia secção.

No dimensionamento hidráulico dos ramais de descarga de águas pluviais deve ter-se em atenção (D.R. 23/95 de 23 de agosto):

- Os caudais de cálculo;
- As inclinações, que devem situar-se entre 10 e 40 mm/m;
- A rugosidade do material;
- O risco de perda do fecho hídrico.

O cálculo do diâmetro interior dos ramais de descarga não individuais pode ser efetuado das seguintes formas:

- Fórmula de Manning-Strikler

$$Q_c = K \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (3.24)$$

Em que:

Q_c – Caudal de cálculo, [m³/s]

K – Rugosidade da tubagem, [m¹/³/s]

A – Secção da tubagem ocupada pelo fluido, [m²]

R – Raio hidráulico, [m]

i – Inclinação, [m/m]

O raio hidráulico R é obtido através do quociente entre a área da secção líquida e o perímetro da secção líquida em contacto com as paredes de tubagem (Pedroso, 2008). Assim:

- Para escoamentos a secção cheia:

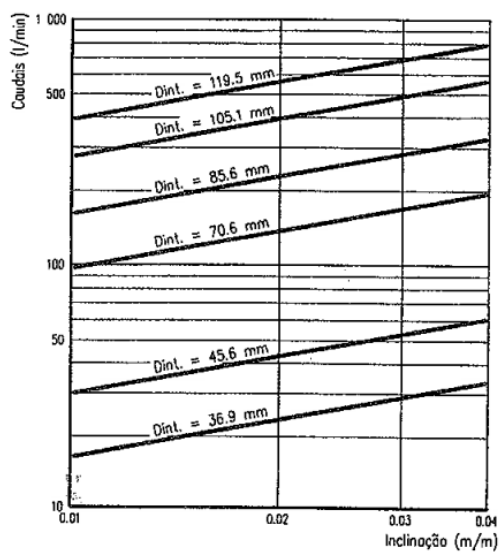
$$D = \frac{Q^{3/8}}{0,6459 \cdot K^{3/8} \cdot i^{3/16}} \quad (3.25)$$

- Para escoamentos a meia secção:

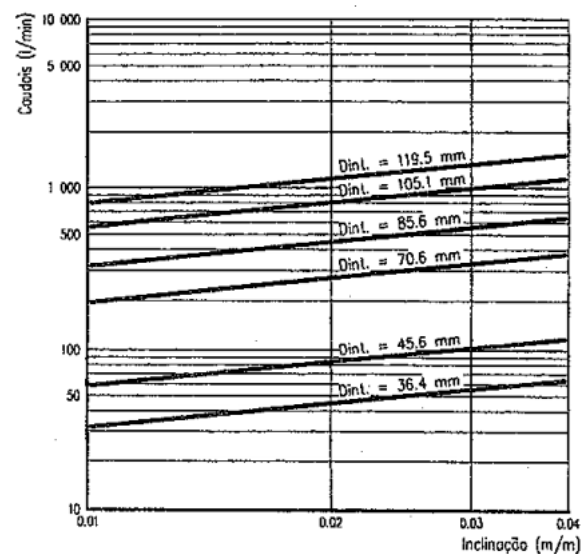
$$D = \frac{Q^{3/8}}{0,4980 \cdot K^{3/8} \cdot i^{3/16}} \quad (3.26)$$

- Ábacos

Segundo Pedroso (2008) os diâmetros dos ramais de descarga podem também ser obtidos através dos seguintes ábacos, para tubagens de PVC.



a) Meia secção



b) Secção cheia

Figura 3.9 - Escoamentos para tubagens em PVC ($K=120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) (Fontes Pedroso, 2008)

Pedroso (2007) refere ainda que caso o escoamento se processe a meia secção e o material da tubagem seja PVC ($K=120 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$) é possível obter o diâmetro dos ramais de descarga através da seguinte tabela:

Tabela 3.21 - Diâmetros de ramais de descarga (Fonte: Pedroso, 2008)

DN (mm)	Diâmetro interior (mm)	Caudais (l/min)			
		Inclinação			
		1%	2%	3%	4%
40	36,4	16	23	28	33
50	45,6	30	42	52	60
75	70,6	96	135	165	191
90	85,6	160	226	277	319
110	105,1	276	390	478	552
125	119,5	389	550	673	777

Os diâmetros nominais mínimos aceitáveis para os ramais de descarga individuais dos aparelhos sanitários são descritos na Tabela 3.22.

Tabela 3.22 - Diâmetros mínimos dos ramais de descarga individuais (Fonte: Abreu, 2020)

Aparelho	Símbolo	Ramal de descarga (mm)
Bacia de retrete	Br	90
Banheira	Ba	40
Bidé	B	40
Chuveiro	Ch	40
Lavatório	L	40
Máquina de lavar louça	ML	50
Máquina de lavar roupa	MR	50
Mictório de espaldar	Me	75
Mictório suspenso	Ms	50
Pia ava-Louça	LL	50
Tanque	T	50

• Ramais de ventilação

De acordo com Pedroso (2008) nos casos em que se verifique a necessidade de existirem ramais de ventilação, o seu diâmetro interior dever ser igual ou superior a 2/3 do diâmetro dos ramais de descarga que ventilam.

Os troços horizontais deverão possuir inclinação ascendente, no sentido contrário ao do escoamento do ramal que ventilam, de valor não inferior a 20 mm/m.

- **Tubos de queda**

Segundo o RGSPDADAR, o dimensionamento dos tubos de queda deve-se ter em atenção os caudais de cálculo, que devem basear-se nos caudais de descarga e a taxa de ocupação máxima do caudal drenado de 1/3 que varia com o diâmetro da tubagem.

O diâmetro dos tubos de queda não deve ser inferior ao maior dos diâmetros dos ramais que para ele confluem, com um mínimo de 50 mm e deve ser constante ao longo de todo o seu desenvolvimento.

A taxa de ocupação definisse através da seguinte equação:

$$t_s = \frac{S_{es}}{S_{es} + S_{ar}} \quad (3.27)$$

Em que,

t_s – Taxa de ocupação

S_{es} – Secção ocupada pelo caudal de esgoto

S_{ar} – Secção ocupada pelo caudal de ar

Se o sistema possuir ventilação secundária a taxa de ocupação não deve ser superior a 1/3, caso contrário essa taxa de ocupação deve estar compreendida entre 1/7 e 1/3, dependendo do diâmetro, de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 3.23 - Diâmetros dos tubos de queda e taxas de ocupação (Fonte: Pedroso, 2008)

Diâmetro do tubo de queda (mm)	Taxa de ocupação (t_s)
D = 50	1/3
50 < D ≤ 75	1/4
75 < D ≤ 100	1/5
100 < D ≤ 125	1/6
D > 125	1/7

É obrigatório a instalação de coluna de ventilação sempre que o caudal de cálculo nos tubos de queda, com altura superior a 35 m, for maior que 700 l/min.

De acordo com Pedroso (2008) o diâmetro do tubo de queda pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$D = 4,4205 \cdot Q^{3/8} \cdot t_s^{-5/8} \quad (3.28)$$

Em que,

D – Diâmetro interior do tubo de queda, [mm]

Q – Caudal de cálculo [l/min]

pode ser ainda obtido recorrendo diretamente à Tabela 3.24 ou através do ábaco da Figura 3.10 apresentado no RGSPDADAR (1995).

Tabela 3.24 - Dimensionamento dos tubos de queda (Pedroso, 2007)

DN (mm)	Diâmetro interior (mm)	Caudais (l/min)				
		Taxa de ocupação				
		1/3	1/4	1/5	1/6	1/7
50	45,6	81	50	34	25	20
75	70,6	259	160	111	82	63
90	85,6	433	268	185	136	106
110	105,1	749	464	320	236	182
125	119,5	1055	653	450	332	257
140	133,9	1429	885	610	450	348
160	153,0	2039	1262	870	642	497
200	191,4	3704	2293	1581	1167	902
250	239,4	6728	4165	2872	2119	1639

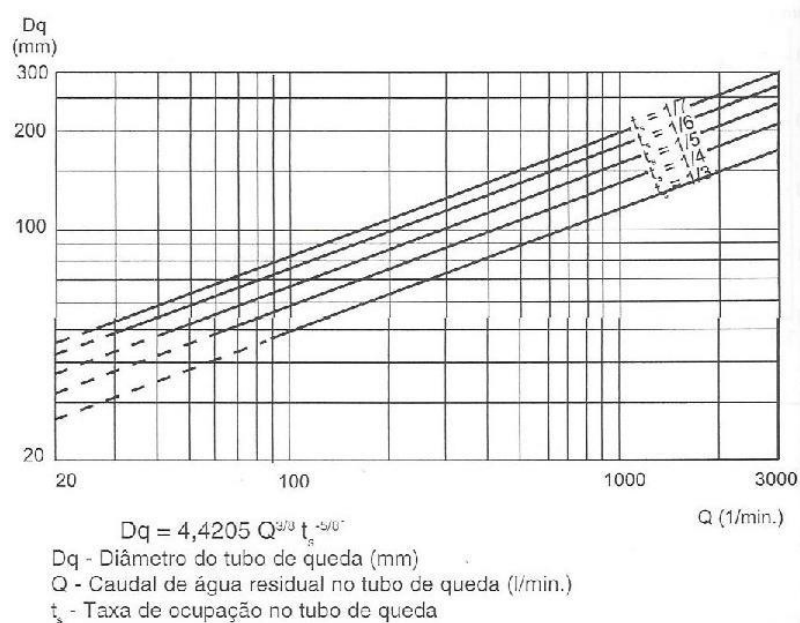


Figura 3.10 - Dimensionamento dos tubos de queda (Ferreira, 2013)

• Colunas de ventilação

As colunas de ventilação tem como objetivo complementar a ventilação efetuada através dos tubos de queda. Isto acontece quando a taxa de ocupação dos tubos de queda é superior aos valores regulamentares indicados na Tabela 3.17.

O diâmetro das colunas de ventilação não deve diminuir no sentido ascendente e é calculado através da seguinte expressão:

$$D_V = 0,390 \cdot L_V^{0,187} \cdot D \quad (3.29)$$

Em que,

D_V – Diâmetro da coluna de ventilação, [mm]

L_V – Altura da coluna de ventilação, [mm]

Segundo Pedroso (2008) o diâmetro da coluna de ventilação pode ser obtido em função do diâmetro do tubo de queda respectivo e do comprimento máximo da coluna através do ábaco apresentado na Figura 3.11 e ainda pela Tabela 3.25 que estabelece uma relação entre D_V , L_V e D , para alguns valores de diâmetro de tubagem de PVC.

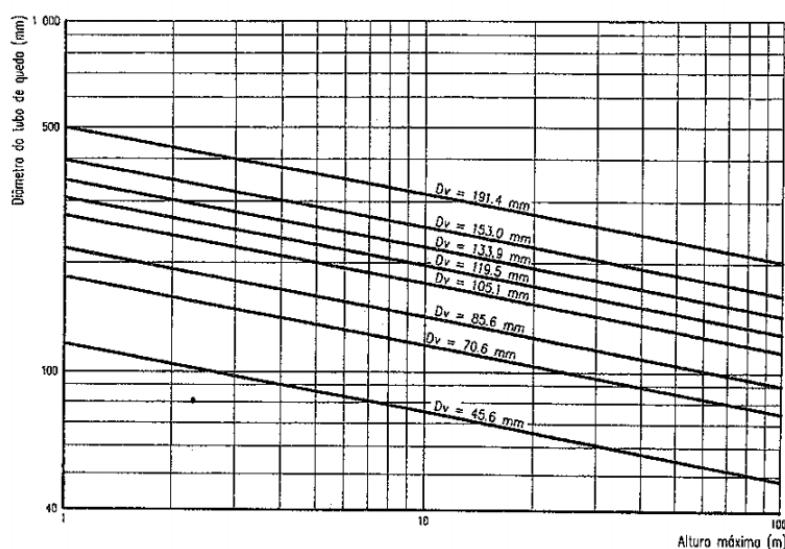


Figura 3.11 - Determinação do diâmetro da coluna de ventilação (Pedroso, 2008)

Tabela 3.25 - Dimensionamento das colunas de ventilação (Pedroso, 2008)

DN (mm)	Diâmetro interior (mm)	Altura máxima (m)						
		DN do tubo de queda						
		Diâmetro interior do tubo de queda (mm)						
		90	110	125	140	160	200	250
		85,6	105,1	119,5	133,9	153,0	191,4	239,4
50	45,6	5						
75	70,6	55	18	9	5			
90	85,6	154	51	26	14	7		
110	105,1		154	77	42	21	6	
125	119,5			154	84	41	12	
140	133,9				154	75	23	7
160	153,0					154	46	14
200	191,4						154	46

- **Coletores prediais**

Segundo RGSPDADAR, no dimensionamento dos coletores prediais deve-se ter em atenção:

- Os caudais de cálculo;
- A inclinação deve situar-se entre 10 mm e 40 mm/m;
- A rugosidade do material.

Os coletores prediais de águas residuais domésticas devem ser dimensionados para um escoamento não superior a meia secção.

O diâmetro nominal dos coletores não pode ser inferior ao maior dos diâmetros das canalizações a eles ligadas, com um mínimo de 100 mm.

Segundo Pedroso (2008) diâmetro do coletor calcula-se através da fórmula de Manning-Strickler ou através da Tabela 3.26, em que os caudais das canalizações foram calculados de forma a que o escoamento se processe a meia secção através da fórmula de Manning-Strickler e considerando que o material da tubagem é em PVC ($K=120 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$).

Tabela 3.26 - Dimensionamento dos coletores prediais

DN (mm)	Diâmetro interior (mm)	Caudais (l/min)			
		Inclinação			
		1%	2%	3%	4%
110	105,1	276	390	478	552
125	119,5	389	550	673	777
140	133,9	527	745	912	1053
160	153,0	751	1063	1301	1503
200	191,4	1365	1931	2365	2730
250	239,4	2479	3506	4294	4959
315	301,8	4598	6503	7965	9197

Sistemas de drenagem de águas residuais pluviais

- **Caudais de cálculo**

Segundo o artigo 128º do RGSPDADAR, os caudais de cálculo deverão ser obtidos com base nas curvas de intensidade, duração e frequência (curvas I-D-F), que fornecem os valores das intensidades médias máximas da precipitação para diferentes períodos de retorno, consoante a região pluviométrica Figura 3.12.

No presente regulamente, no artigo 210º, refere que o período de retorno a considerar é no mínimo de 5 anos, para uma duração de precipitação de 5 minutos.

Para o cálculo de intensidade de precipitação é necessário identificar a região pluviométrica onde está inserido o edifício através da consulta do mapa da Figura 3.12.

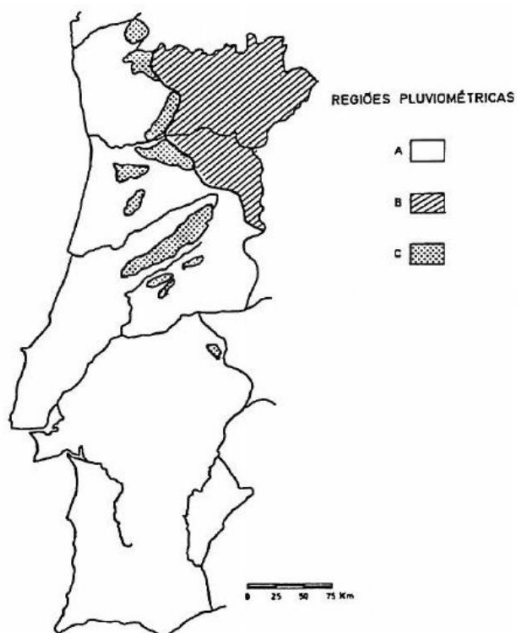


Figura 3.12 - Zonas pluviométricas (Abreu, 2020)

Após a análise e posterior identificação da zona pluviométrica, é necessário calcular a intensidade pluviométrica. Esta é obtida através das curvas I-D-F. Estas curvas são obtidas a partir da análise estatística de registos udográficos, para diferentes zonas do país. Desta análise são obtidos valores para os parâmetros a e b , apresentados na seguinte tabela:

Tabela 3.27 - Parâmetros a e b

Período de retorno (anos)	Regiões Pluviométricas					
	A		B		C	
	a	b	a	b	a	b
5	259,26	-0,562	207,41	-0,562	311,11	-0,562
10	290,68	-0,549	232,21	-0,549	348,82	-0,549
20	317,74	-0,538	254,19	-0,538	381,29	-0,538
50	349,54	-0,524	279,63	-0,524	419,45	-0,524
100	365,62	-0,508	292,50	-0,508	438,75	-0,508

A intensidade pluviométrica pode ser traduzida pela seguinte expressão:

$$I = a \times t^b \quad (3.30)$$

Em que,

I – Intensidade de precipitação, [mm/m]

a, b – Constantes dependentes do período de retorno

t – Duração da precipitação [min]

Determinada a intensidade de precipitação, o caudal de cálculo é obtido através da seguinte expressão:

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (3.31)$$

Em que,

Q – Caudal de cálculo, [l/min]

C – Coeficiente de escoamento

I – Intensidade de precipitação, [l/min.m²]

A – área a drenar em projeto horizontal, [m²]

O coeficiente de escoamento é a razão entre a precipitação que dá origem ao escoamento na rede e a precipitação que cai dentro da bacia (artigo 129º e anexo X). Na tabela seguinte é apresentada os valores de coeficiente de escoamento das superfícies mais comuns:

Tabela 3.28 - Coeficiente de escoamento para diferentes tipos de superfície (Alves, 2017)

Tipo de superfície	Coeficiente
Coberturas	1,0
Pavimentos	0,85
Jardins	0,15

- **Caleiras**

Segundo o RGSPDADAR, artigo 225º, as caleiras têm como objetivo a recolha e condução de águas pluviais aos ramais de descarga ou aos tubos de queda. A altura da lâmina líquida no interior das caleiras não deve ultrapassar 0,7 da altura da secção transversal (Pedroso, 2008).

As inclinações das caleiras devem estar no intervalo entre 0.2 e 1.5%, sendo aconselhável a adoção de valores entre 0.5 e 1%.

As caleiras podem apresentar qualquer tipo de forma, sendo as mais comuns as de secção semicircular ou de secção retangular.

Quanto ao dimensionamento das caleiras semicirculares, geralmente adota-se um diâmetro e seguidamente verifica-se a altura da lâmina de água (h) não ultrapassa a altura da caleira e a secção de escoamento não exceda os 0,7 da altura da secção transversal. Utiliza-se as fórmulas experimentais de Malafaya-Proença em que o caudal unitário (q) é dado pelo quociente entre o caudal afluyente (Q) e o

caudal de secção cheia da tubagem escolhida (Q_o) (Alves, 2017) De seguida e com base nessa relação, são apresentadas as diferentes fórmulas para a obtenção de h/D :

$$q < 1, \quad \frac{h}{D} = 0,603 \cdot q^{0,466} \cdot e^{0,282 \cdot q} \quad (3.32)$$

$$q \geq 1, \quad \frac{h}{D} = 0,921 \pm 0,046 \sqrt{46,887 - 43,449 \cdot q} \quad (3.33)$$

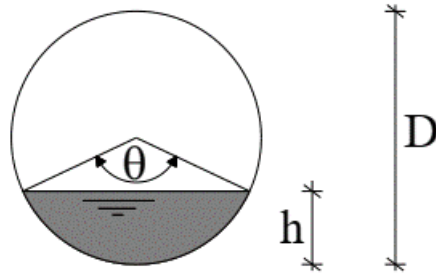


Figura 3.13 - Caldeira de secção semicircular (Alves, 2017)

CAPÍTULO 4

INTERVENÇÃO NA MORADIA

A empresa de acolhimento do estágio apresentou um projeto de arquitetura para a reabilitação de uma moradia. Primeiramente realizou-se um estudo do comportamento térmico, aplicando a legislação atual, optando por materiais que consigam um melhor conforto térmico, de modo a atingir uma classificação energética boa, ou seja, no mínimo uma classe A.

De seguida, foi importante verificar se todas as escolhas para o conforto térmico também verificavam para o conforto acústico, tornando assim as características da moradia muito mais propícias para oferecer aos seus ocupantes um melhor bem-estar ao nível térmico e acústico. Quanto a nível hídrico, realizou-se também um estudo para o abastecimento de águas. Seguidamente são apresentados todos os estudos anteriormente mencionados.

A morada está inserida num terreno com 880 m² localizado em Matosinhos. No terreno existem atualmente duas moradias unifamiliares e uma pequena garagem, como é possível ver na Figura 4.1.

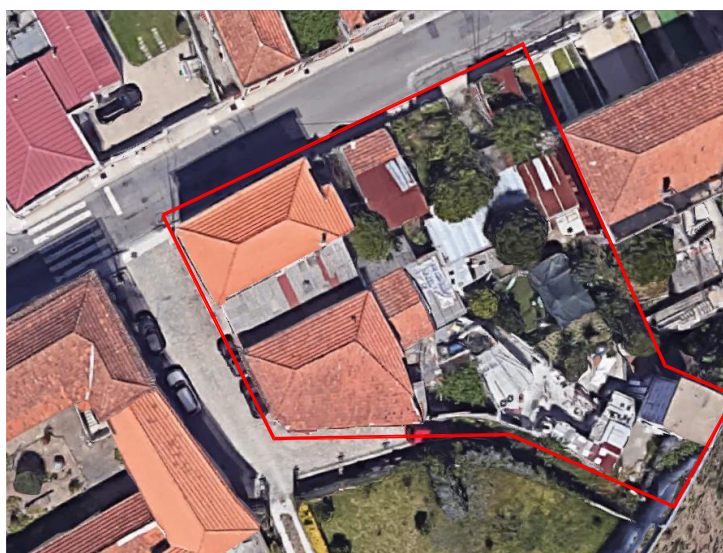


Figura 4.1 - Planta do terreno (Fonte: Google Maps, 2022)

4.1 REABILITAÇÃO DA MORADIA

A moradia em estudo é atualmente constituída por dois pisos. No piso 0 encontram-se duas instalações sanitárias e seis divisões. No piso 1 encontra-se o espaço habitacional de tipologia T3, constituído por três quartos, uma sala, uma cozinha, uma instalação sanitária e um espaço de circulação. Existe ainda umas escadas exteriores que serve de acesso à habitação Figura 4.2.

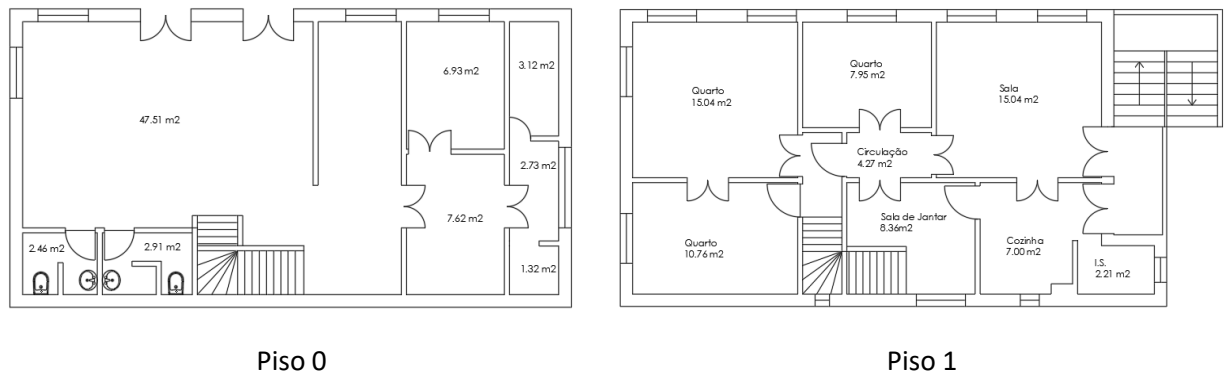


Figura 4.2 - Planta dos pisos da moradia existente

Áreas e Medições

A moradia em estudo apresenta uma área total de 136,9 m². Na Tabela 4.1 estão discriminadas as áreas de todos os compartimentos.

Tabela 4.1 - Áreas de cada compartimento da Moradia Principal

	Compartimentação	Áreas (m²)		Compartimentação	Áreas (m²)
Piso 0	Comércio	47,5	Piso 1	Quarto	15,0
		6,9		Quarto	10,8
		7,6		Quarto	8,0
		3,1		Sala	15,0
		2,7		Cozinha	7,0
		1,3		I.S.	2,2
	I.S.	2,9		Circulação	4,3
		2,5			
		Área Total (m²)		74,6	Área Total (m²)
Área Total (m²)		136,9			

Proposta de reabilitação

Quanto à reabilitação da moradia, segundo o artigo 3º do Decreto-Lei nº 101-D/2020, de 7 de dezembro, trata-se de uma grande renovação, uma vez que se estima que custo total da obra, seja superior a 25% do valor total do edifício.

A intervenção na moradia resultará em 3 frações, duas de tipologia T1 no piso 0 e uma de tipologia T2 no piso 1.

A reabilitação no interior desta moradia passa pela demolição de todas as paredes divisórias e das escadas interior, mantendo apenas as paredes exteriores e as escadas que se encontram no exterior. Na Tabela 4.6 está apresentada a planta dos vermelhos e amarelos, ou seja, da construção e demolição, respetivamente.

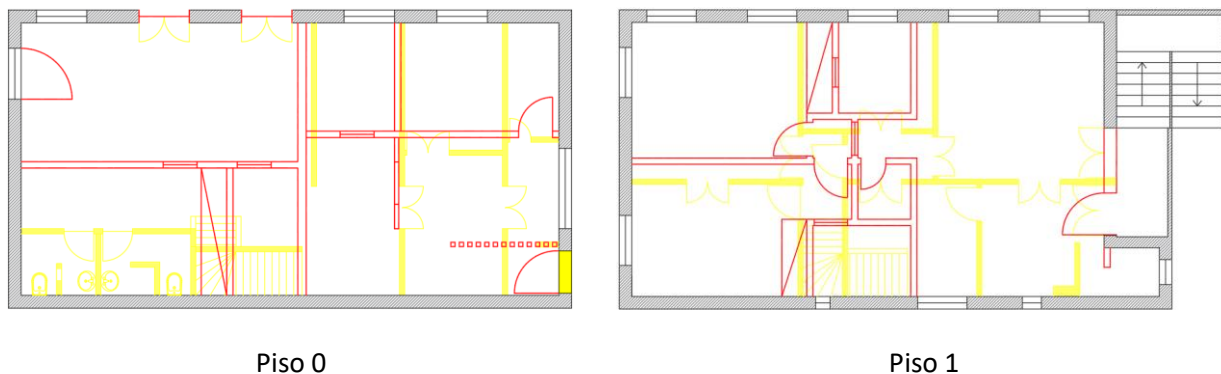


Figura 4.3 - Plantas dos vermelhos e amarelos da moradia a reabilitar

De seguida, nas Figura 4.4 e Figura 4.5 são apresentadas as plantas do interior de cada piso, bem como as áreas de cada compartimento.

- **Piso 0**

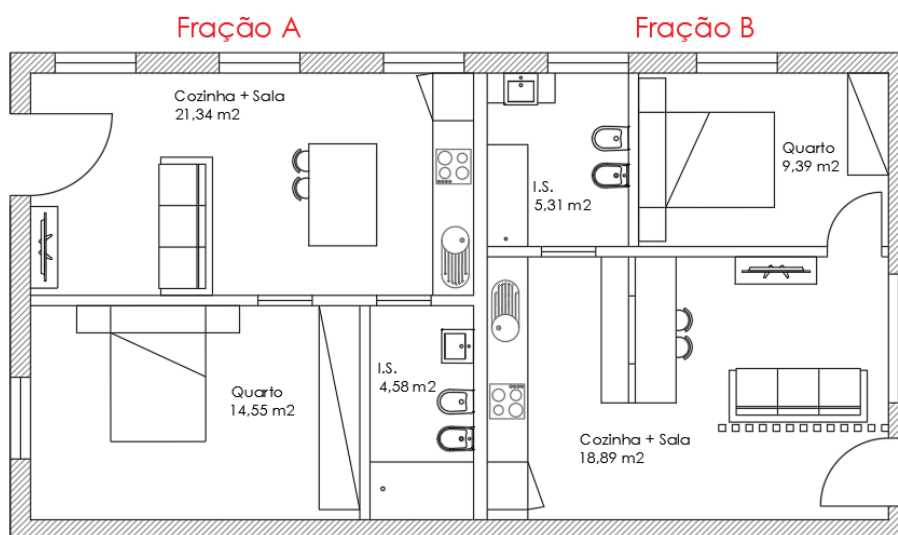


Figura 4.4 - Planta de alteração do Piso 0 - Moradia principal

Tabela 4.2 - Áreas dos compartimentos do Piso 0 - Moradia principal

Piso 0		
	Compartimentação	Áreas (m ²)
Fração A	Cozinha + Sala	21,3
	Quarto	14,6
	I.S.	4,6
Área Total (m ²)		40,5
Fração B	Cozinha + Sala	18,9
	Quarto	9,4
	I.S.	5,3
Área Total (m ²)		33,6

- Piso 1

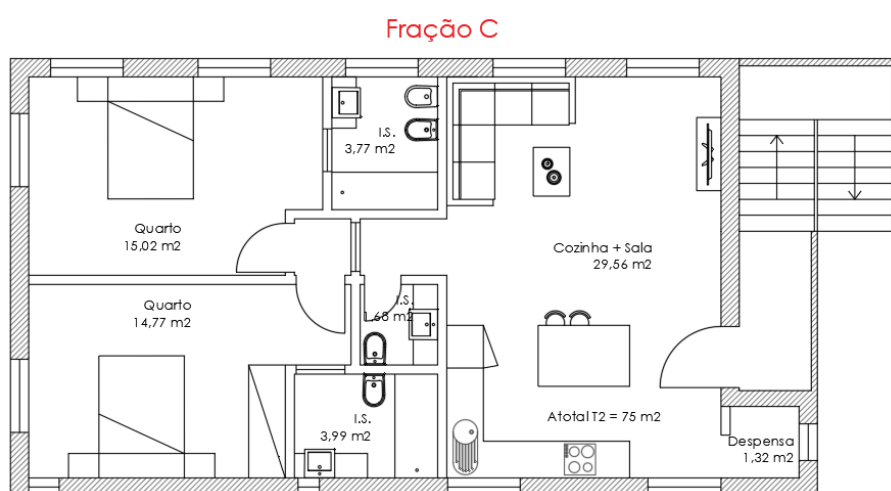


Figura 4.5 - Planta de alteração do Piso 1 - Moradia principal

Tabela 4.3 - Áreas dos compartimentos do Piso 1 - Moradia principal

Piso 1		
	Compartimentação	Áreas (m ²)
Fração C	Cozinha + Sala	29,6
	Dispensa	1,3
	Quarto 1	Quarto
		I.S.
	Quarto 2	Quarto
		I.S.
	I.S.	1,7
Área Total (m ²)		75,0

Apresentadas as plantas dos diferentes pisos, bem como toda a disposição das diferentes frações, é importante salientar que no restante trabalho será apenas estudada a Fração A da moradia principal.

4.2 ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO

Dados e zonas climáticas

O edifício localiza-se no concelho de Matosinhos no distrito do Porto, inserindo-se assim no Grande Porto conforme a tabela das NUTS III. O edifício encontra-se a uma altitude de 79 m (GOOGLE EARTH).

Para determinar os dados climáticos para o local do edifício em estudo é necessário fazer a correção em função da altitude através da seguinte expressão:

$$X = X_{REF} + a \times (Z - Z_{REF}) \quad (4.1)$$

Em que:

X – Parâmetro climático a definir;

X_{REF} – Parâmetro climático de referência a definir;

a – Declive;

Z – Altitude do local em estudo (m);

Z_{REF} – Altitude de referência (NUTS III).

Estação de aquecimento

Os dados climáticos necessários para o estudo do desempenho térmico da habitação na estação de aquecimento são os seguintes:

- M – Duração da estação de aquecimento (meses);
- GD – Número de graus-dias, na base de 18 °C, corresponde à estação convencional de aquecimento (°C.dias);
- G_{SUL} – Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a sul [kWh/(m².mês)].

Tabela 4.4 - Dados climáticos da Estação de Aquecimento

Localização	Z_{REF} (m)	M_{REF} (meses)	a (mês/km)	M (meses)	GD_{REF} (°C.dias)	a (°C/km)	GD (°C.dias)	G_{SUL} kWh/(m ² .mês)	Zona Climática
Matosinhos (Z = 79 m)	94	6,2	2	6,17	1250	1,6	1226	130	I1

De acordo com a Tabela 7 do Despacho nº6476-H/2021 com o intervalo dos critérios a habitação em estudo está situada numa zona I₁.

Estação de arrefecimento

Os dados climáticos necessários para o estudo do desempenho térmico da habitação na estação de arrefecimento são os seguintes:

- L_v – Duração da estação = 4 meses = 2928 horas;
- $\theta_{ext,v}$ – temperatura exterior média (°C);
- I_{sol} – energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal e em superfícies verticais para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais (kWh/m²).

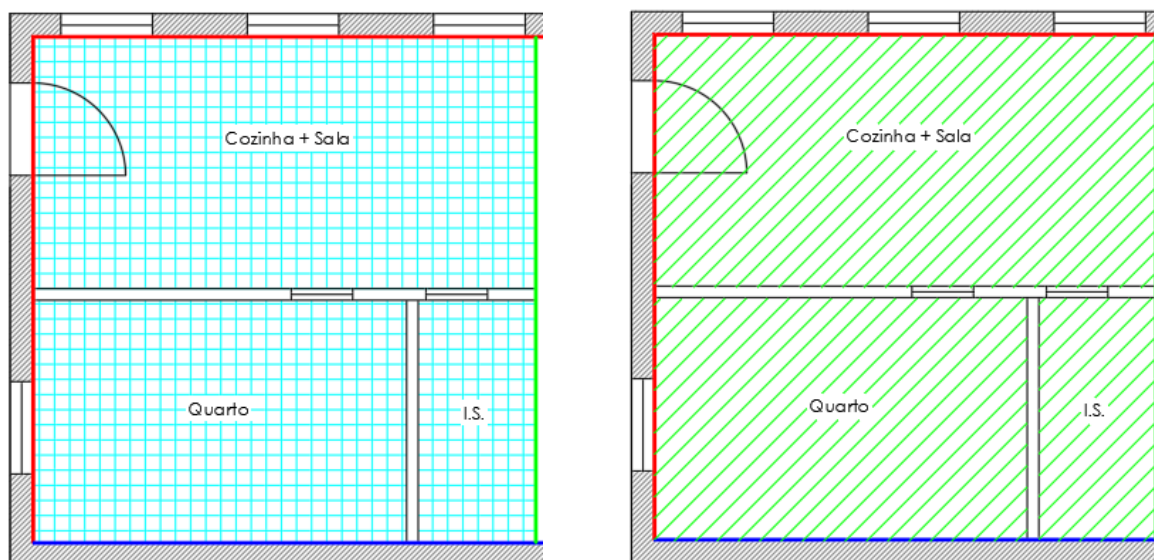
Tabela 4.5 - Dados climáticos da Estação de Arrefecimento

Localização	Z _{REF} (m)	$\theta_{ext,vREF}$ (°C)	a (mês/km)	$\theta_{ext,v}$ (°C)	Isol (kWh/m ²)									Zona Climática
					H	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
Matosinhos (Z = 79 m)	94	20,9	0	20,9	800	220	350	490	490	425	490	490	350	V2

De acordo com a Tabela 8 Despacho nº6476-H/2021 com o intervalo dos critérios a habitação em estudo está situada numa zona V₂.

Marcação das envolventes

Na figura seguinte estão representadas todas as marcações das envolventes da fração em estudo (Fração A) bem como a respetiva legenda.



LEGENDA	
	Pavimento em contacto com o solo
	Cobertura sem trocas térmicas
	Envolvente em contacto com o exterior
	Envolvente em contacto com o edifício adjacente (Interior bztu ≤ 0,7)
	Envolvente em contacto com a fração vizinha sem trocas térmicas

Figura 4.6 – Marcação das envolventes da Fração A da moradia principal

Requisitos mínimos de qualidade das envolventes

- **Envolvente opaca**

Em relação à envolvente opaca é necessário que seja efetuada a verificação de cada uma das soluções, através do cumprimento dos requisitos mínimos. Estes requisitos estão estabelecidos na Tabela 1 da Portaria 138-I/2021, de 1 de julho, conforme a zona climática. Para a verificação dos requisitos mínimos de qualidade foi utilizada a folha de cálculo do ITECONS.

- **Paredes exteriores (PED1)**

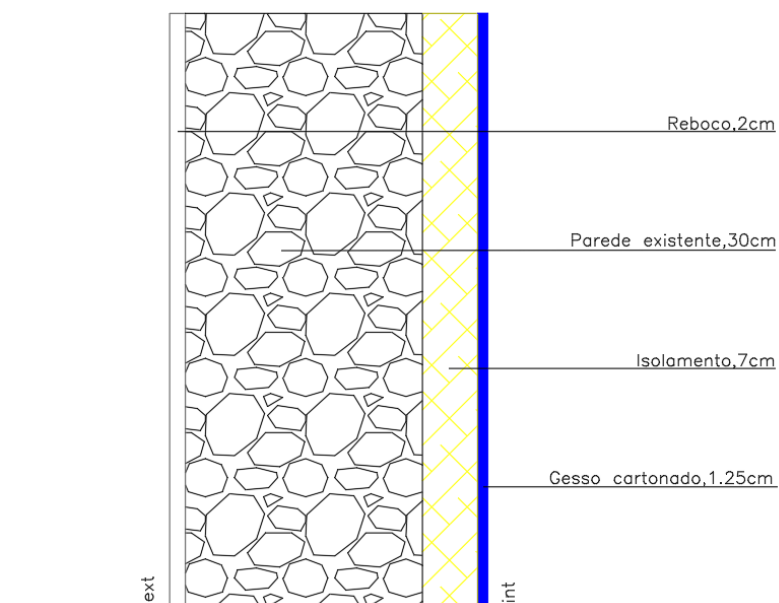


Figura 4.7 - Solução construtiva da parede exterior

Materiais	Espessura (m)	Condutibilidade térmica [W/(m.°C)]	Resistência térmica (m².°C)
Gesso cartonado	0,0125	0,25	-
Isolamento térmico (MW)	0,07	0,04	-
Parede de alvenaria existente	0,30	-	0,14
Reboco	0,02	2,0	-

Com recurso à folha de cálculo do ITECONS obtém-se um $U = 0,47 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$, sendo este inferior ao $U_{\text{máx}} = 0,50 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$, verifica esta solução.

– Pavimento térreo

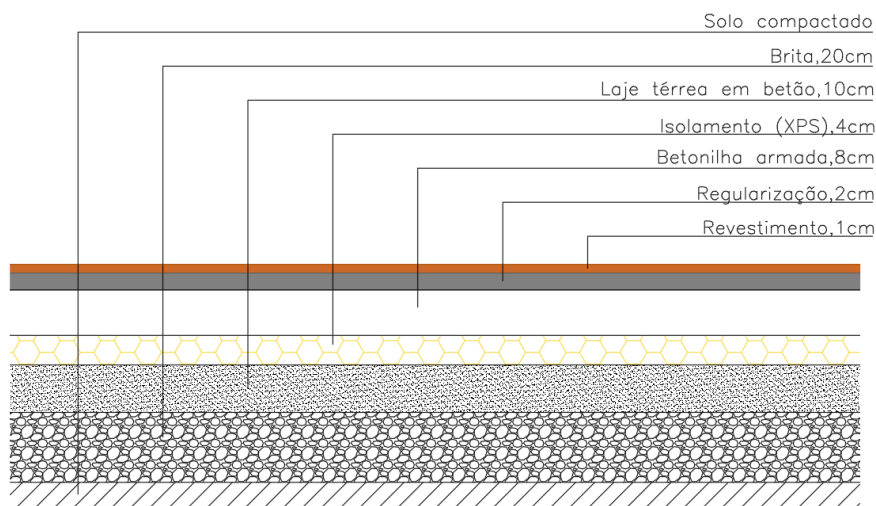


Figura 4.8 - Solução construtiva do pavimento térreo

Materiais	Espessura (m)	Condutibilidade térmica [W/(m.°C)]
Revestimento	0,01	1,3
Camada de regularização	0,02	1,65
Betonilha armada	0,08	2,5
Isolamento em XPS	0,04	0,037
Laje de betão	0,10	2
Camada de brita	0,20	2

Para o pavimento térreo recorreu-se à folha de cálculo do ITECONS para a determinação do valor do U , estando todos os cálculos inseridos no Anexo.

Obtém-se assim um $U = 0,43 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, sendo este inferior ao $U_{m\acute{a}x} = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

- **Envolvente envidraçada**



Figura 4.9 - Pormenor do envidraçado (Fonte: grupososoares.pt)

Fabricante	Modelo/Tipologia	Vidro (mm)	Classe de permeabilidade ao ar	Coefficiente de transmissão térmica (U_w)
Grupo Sosoares (EURO 2000 IT)	Sistema batente de 2 folhas	5 (14) 6	4	1,67

O valor coeficiente de transmissão térmica (U_w) deve ser inferior ao coeficiente de transmissão térmica máximo admissível do vão envidraçado, $U_{w,m\acute{a}x}$, obtido na Tabela 6 da Portaria nº138-I/2021. Assim, e tendo em atenção que se trata de uma caixilharia de alumínio com corte térmico:

$$U_{w,m\acute{a}x} = 2,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Posto isto, verifica-se os mínimos regulamentares para a envolvente envidraçada.

Na Tabela 4.6 está indicada toda a informação relevante para o estudo do envidraçado da fração A. É importante salientar que na fração em estudo os envidraçados não possuem sombreamentos e não são considerados os envidraçados pertencentes ao quadrante Norte.

Tabela 4.6 - Vão envidraçado exterior da Fração A

Fração	Compartimento	Orientação	$A_{env} (m^2)$	$A_{pav} (m^2)$	A_{env}/A_{pav}	
A	Quarto	W	2,16	14,55	14,8%	< 15 %

Para evitar o sobreaquecimento na estação de arrefecimento, os vãos envidraçados exteriores, devem obedecer às seguintes condições:

Quando a $A_{env} \leq 15\% \times A_{comp}$ então

$$g_{tot,vc} \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{tot,m\acute{a}x} \quad (4.2)$$

Em que,

$g_{tot,vc}$ - Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e com o primeiro dispositivo de proteção solar opaco totalmente ativo, obtido através da tabela 48 do Manual SCE.

$g_{tot,m\acute{a}x}$ – Fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares, obtido através da tabela 8 da Portaria nº138-I/2021.

Tabela 4.7 – Fator solar máximo admissível, $g_{tot,m\acute{a}x}$

Tipos de edifício	Inércia do espaço	Zona Climática	$g_{tot,m\acute{a}x}$
Habitação	Média	V2	0,56

Tabela 4.8 – Fator solar do vão envidraçado

Dispositivo de proteção solar	Vidro Duplo	Cor	$g_{tot,vc}$
Portada opaca	$g_{\perp,vi} = 0,75$	Clara	0,35

É necessário fazer a verificação do envidraçado em estudo, recorrendo à equação apresentada anteriormente, temos que:

$$g_{tot,vc} \cdot F_o \cdot F_f = 0,35 \times 0,9 = 0,315$$

Como $g_{tot,m\acute{a}x} = 0,56$, então está verificada a condição imposta para os vãos envidraçados exteriores.

Inércia Térmica

A inércia térmica traduz a capacidade da conservação do calor que os elementos construtivos apresentam e varia em função da massa superficial útil, por metro quadrado de área interior útil de pavimento.

Para determinar a inércia térmica foi necessário estudar as soluções construtivas das paredes de compartimentação e da parede em contacto com outra fração. Estas soluções estão apresentadas na Figura 4.10 e Figura 4.11, respetivamente.

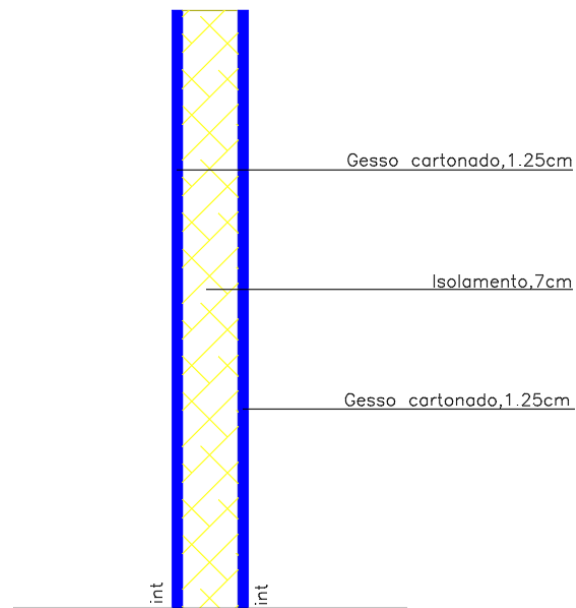


Figura 4.10 – Solução construtiva da parede de compartimentação

Materiais	Espessura (m)	Condutibilidade térmica [W/(m.°C)]
Gesso cartonado	0,0125	0,25
Isolamento térmico (MW)	0,07	0,04
Gesso cartonado	0,0125	0,25

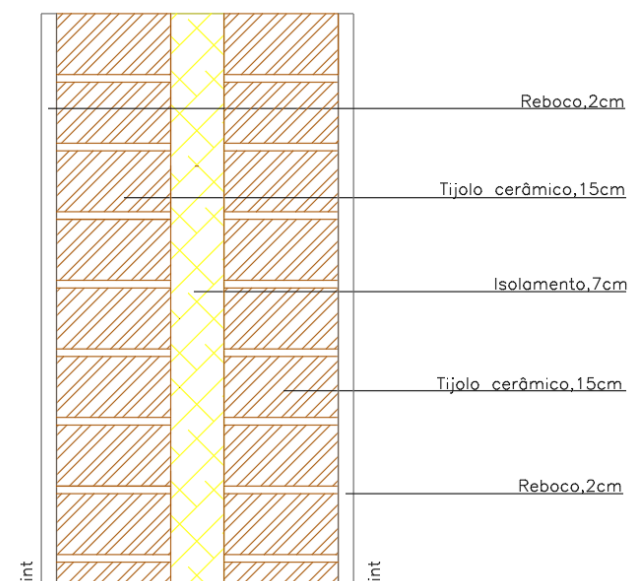


Figura 4.11 - Solução construtiva da parede em contacto com outra habitação

Materiais	Espessura (m)	Condutibilidade térmica [W/(m.°C)]	Resistência térmica (m².°C)
Reboco	0,02	1,3	-
Tijolo cerâmico	0,15	-	0,39
Isolamento (MW)	0,04	0,04	-
Tijolo cerâmico	0,15	-	0,39
Reboco	0,02	1,3	-

Após todo este estudo e recorrendo à folha de cálculo do ITECONS, onde todos os cálculos estão inseridos no Anexo I, obteve-se as seguintes informações da Inércia Térmica (I_t):

I_t	222,66
Classe de inércia térmica	Média

Águas quentes sanitárias

Para o aquecimento de águas (AQS) foi proposto a utilização de painel solar. Foi necessário recorrer à folha de cálculo SCE.ER, disponibilizada pela Direção Geral de Energia e Geologia, que emite um relatório em PDF, com a informação das necessidades anuais de fração solar que o edifício necessita.



Direção-Geral de Energia e Geologia

SCE.ERCálculos regulamentares do **Sistema de Certificação de Edifícios**
relativos ao aproveitamento de Energias Renováveis ⓘ

versão 1.7.0 [2020-01-07]

Local: Rua Sendim
(Matosinhos, Grande Porto)

Categoria: Edifícios de Habitação

Definições: Necessidades de AQS

Tecnologias:

- Solar Térmico - AQS**
- Solar Térmico - AQS e Climatização**
- Solar Térmico - Kit AQS**
- Solar Fotovoltaico**
- Biomassa - Combustão**
- Geotermia - Baixa Entalpia**
- Bombas de calor**
- Eólica - Pequena Turbina**
- Hídrica - Pequeno Aproveitamento**

✕ eliminar uma opção ##### inputs ⓘ informações

Figura 4.12 - Menu da folha de cálculo de apoio das energias renováveis

Para a folha de cálculo foi considerada a localização geográfica da moradia, as necessidades regulamentares para uma fração com tipologia T1, obteve-se um valor mínimo de energia renovável necessária, satisfeita por origem solar de 971 kWh.

Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)			
Energia útil solicitada:	1 188 kWh		
- satisfeitas por origem solar	971 kWh	82%	de fração solar
- satisfeitas pelo apoio	217 kWh	18%	

Necessidades de energia			
Águas quentes sanitárias - padrão REH			
edifício:		<u>Residências</u>	<u>T1</u>
		nº fracções desta tipologia	1
		nº ocupantes por fracção	2
		consumo diário por ocupante (litros)	40

O sistema considerado é composto por 4 coletores solares Padrão REH, com uma área de 2,60m² cada um, totalizando uma área de 10,4 m², com uma inclinação de 35°. A acumulação é efetuada num depósito interior colocado na vertical com capacidade de 200 litros.

Classe energética

Nos edifícios de habitação, a classe energética é determinada em função do rácio de classe energética (R_{Nt}), que resulta da relação entre as necessidades nominais de energia primária previstas e de referência. A classe energética é obtida com recurso a uma tabela pré-definida de 8 classes, em que A⁺ é muito eficiente e F é muito pouco eficiente.

Com recurso à folha de cálculo do ITECONS foi possível determinar os valores das necessidades de aquecimento, de arrefecimento e totais, apresentadas na Tabela 4.9. Todos os cálculos auxiliares estão no Anexo I.

Tabela 4.9 - Valores das necessidades

N_{ic}	25,75 kWh/m ² .°C	N_i	50,94 kWh/m ² .°C
N_{vc}	16,76 kWh/m ² .°C	N_v	9,13 kWh/m ² .°C
N_{tc}	92,46 kWh/m ² .°C	N_t	212,25 kWh/m ² .°C

Posto isto, determinou-se a classe energética da moradia em estudo.

Renovável Requisito Ren_{hab} (%)
62,90

N_{tc}/N_t
0,44

Classe Energética
A

A fração em estudo apresenta uma classe A, o que se considera que seja eficiente ao nível energético. No entanto, não se pode ter em consideração apenas o conforto térmico para se deduzir que a fração apresenta todos os requisitos necessários para que a reabilitação seja uma boa opção para esta moradia. É importante analisar as soluções apresentadas, até então, quanto ao nível acústico, de modo a se conseguir uma avaliação mais crítica e mais corretiva.

4.3 ESTUDO DO COMPORTAMENTO ACÚSTICO

Isolamento sonoro a sons de condução aérea entre o exterior e quartos ou zonas de estar

Neste ponto serão estudadas as hipóteses de isolamento tanto da parede da sala de estar para o exterior, como da parede do quarto para o exterior, uma vez que ambas estão viradas para uma estrada com bastante movimento.

Paredes Exteriores (PED1)		
Elementos	Espessura (cm)	Massa (Kg/m ²)
Reboco	2	38
Parede existente	30	780
Isolamento lã de rocha (MW)	7	-
Gesso cartonado	1,25	11
Total	40	829

Usando os abacos do ITE 8 e a Lei da Massa, é possível determinar o valor do índice de redução sonora, R_w . Partindo do valor total da massa (829 kg/m²), obtém-se um valor de $R_w \approx 57 \text{ dB}$, pela Figura 4.13. Relativamente à lã de rocha, estima-se que este provoca um incremento de redução de 3 a 5 dB, pelo que se considera a pior situação, ou seja, de 3 dB.

Posto isto, o $R_{w,total} = 57 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 60 \text{ dB}$.

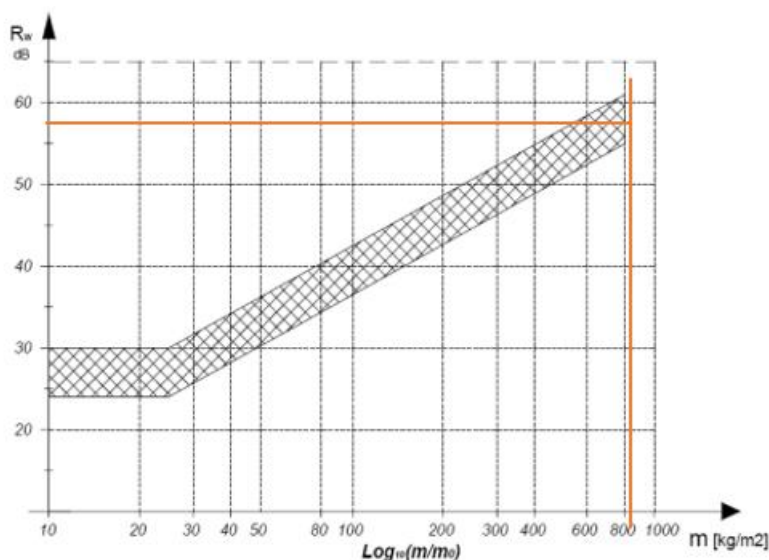


Figura 4.13 - Determinação do R_w para paredes exteriores

Determinou-se o R_w como se de uma parede simples se tratasse. No entanto, as paredes de ambos os compartimentos são compostas por vãos envidraçados, e é necessário fazer o cálculo conjunto parede +

vão envidraçado. A solução do envidraçado anteriormente apresentada tem um $R_w = 36 \text{ dB}$. Este estudo está disposto na Tabela 4.10 salientando que se verifica os limites regulamentares dispostos.

Tabela 4.10 – Verificação dos requisitos regulamentares para paredes exteriores com vãos envidraçados

Compartimento	V (m³)	Área opaca		Área envidraçada		τ conjunto	Rw conjunto	Atotal (m²)	% (env)	$D_{2m,nt,w}$	Limite regul.
		Rw	A (m²)	Rw	A (m²)						
Sala de estar e Cozinha	55,48	60	10,42	36	6,48	9,69E-05	40,14	16,9	38%	40	$\geq 33 \text{ dB}$
Quarto	37,83	60	8,32	36	2,16	5,26E-05	42,79	10,48	21%	43	$\geq 33 \text{ dB}$

Isolamento sonoro a sons de condução aérea entre habitações

Para o isolamento sonoro a sons de condução aérea entre habitações é necessário estudar dois tipos de paredes, parede de meação e parede divisória. A primeira passa pelo estudo de duas paredes de composição distintas, mas com o mesmo limite regulamentar a ser verificado, ou seja, a parede do quarto para o edifício adjacente, em que a sua constituição é igual à parede exterior e a parede de meação, que separa as duas frações do piso 0. O segundo estudo passa pela parede divisória que separa a sala de estar e o quarto.

Ainda é necessário estudar a laje de separação entre um compartimento de um fogo e outro compartimento de um fogo.

– Parede entre o quarto e o edifício adjacente

Neste caso o R_w já foi cálculo anteriormente, uma vez que se trata da mesma solução construtiva das paredes exteriores. Posto isto, o $R_{w,total} = 60 \text{ dB}$.

Para o cálculo do índice de redução da parede, é necessário considerar as transmissões marginais (TM). Neste caso, não serão consideradas TM uma vez que não há conhecimento da qualidade construtiva da mesma. A verificação regulamentar está disposta na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Verificação regulamentar da parede do quarto em contacto com o edifício adjacente

Compartimento	V (m³)	Apareda (m²)	T0 (s)	Rw (dB)	TM	$D_{nt,w}$	Limite regul.
Quarto	37,83	12,74	0,5	60	0	59,8	$\geq 50 \text{ dB}$

– **Parede da sala em contacto com fração vizinha**

Como referido anteriormente, o segundo estudo é referente à parede que separa as duas frações do piso 0, sendo que a parede em estudo é composta pelos seguintes elementos:

Parede em contacto com outra habitação		
Elementos	Espessura (cm)	Massa (Kg/m ²)
Reboco	2	38
Tijolo cerâmico	15	184
Isolamento lã de rocha (MW)	7	-
Tijolo cerâmico	15	184
Reboco	2	38
Total	41	406

Usando os ábacos do ITE 8 e a Lei da Massa, é possível obter o valor de R_w . Partindo do elemento mais pesado da alvenaria, ou seja, o pano de alvenaria de tijolo cerâmico de 15 cm (184 kg/m²) e, pela Figura 4.14, obtém-se um valor de $R_w \approx 44 \text{ dB}$.

De seguida, para estimar o acréscimo de isolamento sonoro por dobragem da divisória, recorre-se ao gráfico da Figura 4.15.

É possível verificar que o pano de alvenaria adicional, de tijolo de 15 cm, provoca um incremento $\Delta R_w = 7,0 \text{ dB}$.

Relativamente à placa de lã mineral, esta provoca um incremento de redução de 3 a 5 dB, pelo que se considera a pior situação, ou seja 3 dB.

Obtém-se assim um $R_{w,total} = 44 + 7 + 3 = 54 \text{ dB}$.

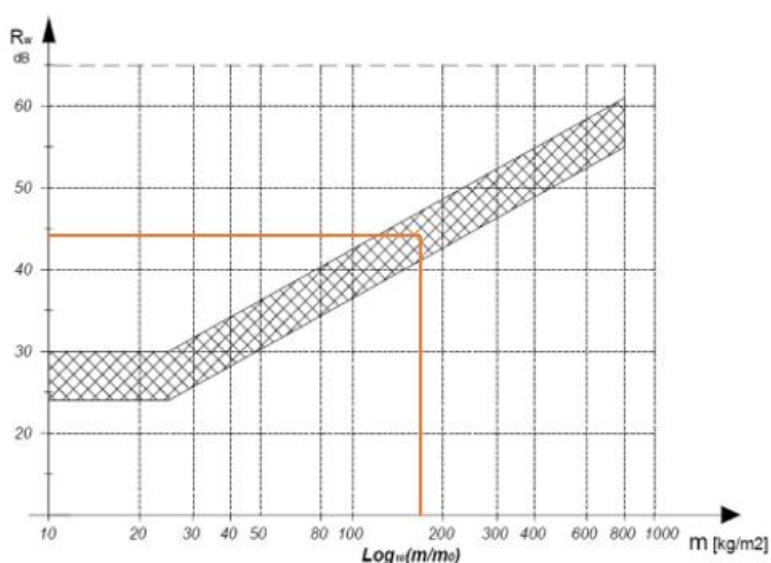


Figura 4.14 - Gráfico da Lei da Massa para a parede da sala em contacto com outra fração

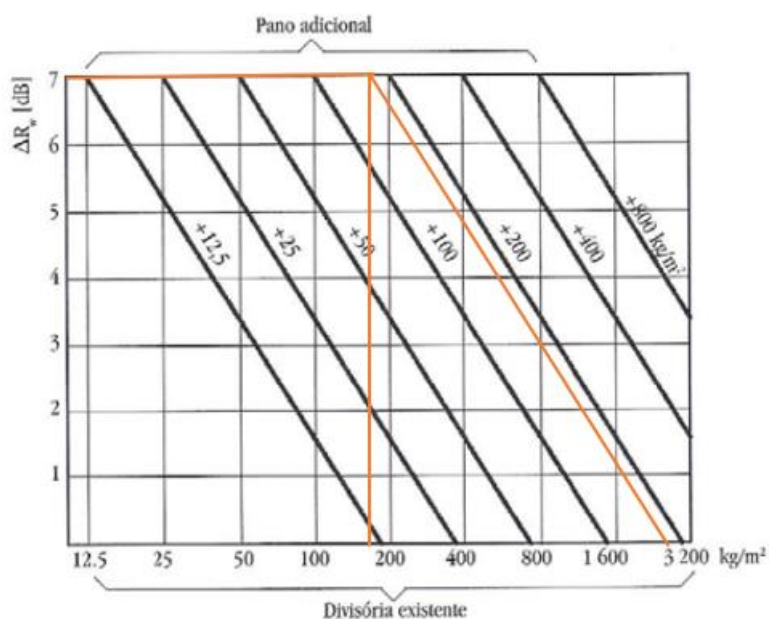


Figura 4.15 - Gráfico para estimar o acréscimo de isolamento sonoro por dobragem da divisória

Para o cálculo do índice de redução sonora da parede de meiação, é necessário considerar as transmissões marginais (TM). Neste caso serão nulas, uma vez que não há conhecimento da qualidade construtiva da parede divisória.

Posto isto, na seguinte tabela estão expostos todos os elementos necessário para a verificação regulamentar.

Tabela 4.12 - Verificação regulamentar da parede da sala em contacto com outra fração

Compartimento	V (m³)	Apareda (m²)	T0 (s)	Rw (dB)	TM	D _{nt,w}	Limite regul.
Sala de estar e Cozinha	55,48	8,58	0,5	54	0	57	≥ 50 dB

Isolamento sonoro a sons de percussão

A estimativa do isolamento sonoro a sons de percussão entre compartimentos e quartos ou zonas de estar, ou seja, a parede de meiação, é a parede que separa as salas de estar das frações A e B.

Para este estudo utilizou-se o Método do invariante, sendo necessário recorrer a tabelas apresentadas anteriormente, nomeadamente a Tabela 3.14 e a Tabela 3.15.

Com tudo isto, na tabela seguinte estão expostas todas as informações relevantes para a verificação regulamentar.

Compartimento	V (m³)	A (m²)	T0 (s)	Rw + Ln,w (dB)	Rw (dB)	ΔLw (dB)	TM	$L'_{nT,w}$	Limite regul.
Sala de estar / Sala de estar	55,48	1,56	0,5	130	53	19	0	47	≤ 60 dB

4.4 REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Para se criar um melhor conforto de vida e que a água chegue à habitação nas melhores condições é necessário que a rede de água seja bem dimensionada.

Neste relatório elaborou-se um sistema de abastecimento de água, começando pelo traçado do sistema e posteriormente o seu dimensionamento.

Na Figura 4.16 está apresentado o traçado do sistema que serve de auxílio para o dimensionamento das tubagens de águas.

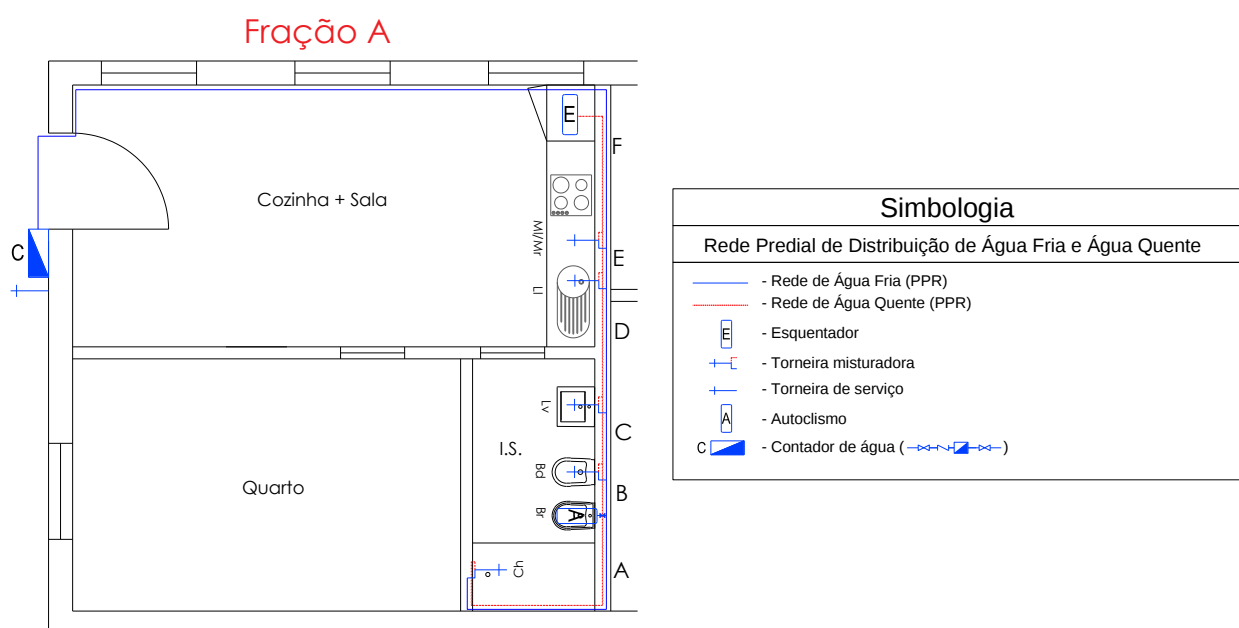


Figura 4.16 - Traçado do sistema de abastecimento de águas

— Rede de água fria

Nas Tabela 4.13 e Tabela 4.14 estão mencionadas todas as características do material e os cálculos para o dimensionamento dos diâmetros de tubagens necessários para o abastecimento de água fria na habitação, respetivamente.

Tabela 4.13 - Características do material para o dimensionamento de água fria

Tubagem	Polipropileno (PP-R)	
	Rugosidade absoluta (m)	2,50E-06
Água	Velocidade máx. (m/s)	2,00
	Temperatura (°C)	10,0
	Viscosidade (m ² /s)	1,31E-06

Tabela 4.14 - Cálculo da rede de abastecimento de água fria

Cálculo da rede de abastecimento de água interior									
REDE DE ÁGUA FRIA									
Troço	Caudal dos dispositivos de utilização (l/s)	Q _{acum} (l/s)	Q _{calc} (l/s)	D _{teórico} (mm)	D _{int} (mm)	DN (mm)	U (m/s)	Verificação	
A	0,14	0,14	0,199	15,92	16,6	25	0,920	≤ 1 m/s	OK
B	0,10	0,24	0,263	18,29	21,2	32	0,744	≤ 1 m/s	OK
C	0,10	0,34	0,314	20,00	21,2	32	0,890	≤ 1 m/s	OK
D	0,10	0,44	0,359	21,37	26,6	40	0,645	≤ 1 m/s	OK
E	0,20	0,64	0,435	23,53	26,6	40	0,782	≤ 1 m/s	OK
F	0,15	0,79	0,485	24,84	26,6	40	0,872	≤ 1 m/s	OK
G	0,20	0,99	0,544	26,32	26,6	40	0,979	≤ 1 m/s	OK

– **Rede de água quente**

Nas Tabela 4.15 Tabela 4.16 estão mencionadas todas as características do material e os cálculos para o dimensionamento dos diâmetros de tubagens necessários para o abastecimento de água quente na habitação, respetivamente.

Tabela 4.15 - Características do material para o dimensionamento de água quente

Tubagem	Polipropileno (PP-R)	
	Rugosidade absoluta (m)	2,50E-06
Água	Velocidade máx. (m/s)	2,00
	Temperatura (°C)	60,0
	Viscosidade (m ² /s)	4,66E-07

Tabela 4.16 - Cálculo da rede de abastecimento de água quente

Cálculo da rede de abastecimento de água interior REDE DE ÁGUA QUENTE									
Troço	Caudal dos dispositivos de utilização (l/s)	Q _{acum} (l/s)	Q _{calc} (l/s)	D _{teórico} (mm)	D _{int} (mm)	DN (mm)	U (m/s)	Verificação	
A	0,14	0,14	0,199	15,924	16,6	25	0,920	≤ 1 m/s	OK
B	0,10	0,24	0,263	18,288	21,2	32	0,744	≤ 1 m/s	OK
C	0,10	0,34	0,314	20,000	21,2	32	0,890	≤ 1 m/s	OK
D	0,20	0,54	0,399	22,523	26,6	40	0,717	≤ 1 m/s	OK

Neste capítulo foi possível aplicar a legislação em vigor para todos os estudos mencionados, comportamento térmico e acústico e abastecimento de águas. Todas as conclusões tiradas destas análises estão dispostas de seguida.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Na elaboração do presente relatório foi estudada a reabilitação de apenas uma fração de uma moradia de construção tradicional, aplicando toda a legislação atual e verificando todos os requisitos necessários de modo a tornar a habitação como se de uma construção nova se tratasse.

Primeiramente realizou-se um levantamento da construção tradicional e em seguida efetuou-se um estudo das melhores soluções construtivas a adotar na reabilitação. Para fazer o estudo do comportamento térmico e assim determinar a classe energética da fração e respetivo desempenho energético. Através da folha de cálculo do ITECONS, obteve-se que a fração é de classe energética A, o que significa que é eficiente a nível energético.

Apesar das soluções escolhidas comprovarem que o conforto térmico é assegurado foi importante verificar se havia compatibilização com o comportamento acústico, ou seja, se as soluções garantiam que a fração não apresentava condicionantes ao nível do ruído. Para isso fez-se as verificações necessárias e concluiu-se que para a construção tradicional as soluções construtivas escolhidas promovem a eficiência energética e simultaneamente garantem o conforto térmico e acústico.

Por todas estas razões é viável a aplicação da legislação em vigor na reabilitação e assim tornar a moradia com condições semelhantes ou até mesmo superiores à de uma construção nova e, consequentemente, evitar a demolição que traz muitas condicionantes ao meio ambiente, pondo em prática o conceito de sustentabilidade na construção.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Relativamente aos desenvolvimentos futuros, o presente relatório permite futuramente acabar com os estudos da térmica e acústica das restantes frações da moradia, estudar os projetos de ventilação e de segurança contra incêndios para a moradia completa e finalizar o restante estudo hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Tiago - **Redes prediais de distribuição de água. Conceitos gerais. Elementos constituintes. Disposições regulamentares.** In . Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP, 2020

ABREU, Tiago - **Sistemas prediais de drenagem de águas pluviais e freáticas (continuação).** In . Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP, 2020

ABREU, Tiago - **Sistemas prediais de drenagem de águas pluviais e freáticas.** In . Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP, 2020

ALMEIDA, Gonçalo Tomaz Lopes - **Análise de Soluções Construtivas para a Verificação de Requisitos Térmicos e Acústicos em Edifícios de Habitação.** Lisboa : Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2009

ALVES, Sofia David Ribeiro - **Projeto de Instalações Hidráulicas Prediais de Edifícios Multifamiliares e Serviços.** Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto, Oct. 2017

CAMPEÃO, José - **Conservação e Reabilitação de Edifícios.** In . Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP, 2020

CAMPEÃO, José - **Conforto Térmico e Acústico das Edificações.** In . Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto - ISEP, 2021

COSTA, Carlos Emanuel Ferreira Da - **Obras de Conservação e Restauro de Edifícios Antigos: Estudos Sobre a Conservação da Pedra do Convento de S. Francisco de Mesão Frio.** [S.l.] : Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Oct. 2009

FERREIRA, Ana Beatriz Filipe - **Reabilitação de Edifício Tradicional-Caso de Estudo.** Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto , Oct. 2021

FERREIRA, Maria Inês Sousa - **Sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas.** Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Jun. 2013

GUIMARÃES, João Pedro Pinto - **Técnicas Tradicionais de Construção, Anomalias e Técnicas de Intervenção em Fachadas e Coberturas de Edifícios Antigos.** Vila Real : Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2009

LOPES, Nuno Valentim Rodrigues - **Reabilitação de Caixilharias de Madeira em Edifícios do Século XIX e Início do Século XX**. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Dec. 2006

MENDES, Pedro Miguel Soares - **Projeto de Reabilitação de Edifício Antigo**. Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto, Oct. 2017

MOREIRA, Marina Fernanda Jesus - **Reabilitação de Estruturas de Madeira em Edifícios Antigos**. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Jun. 2009

PEDROSO, Vitor M. R. - **Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas**. Lisboa : LNEC, 2008. ISBN 9789724918495.

QUEIROZ, Rita Sofia Gerales - **Análise e Acompanhamento da Execução de Soluções de Melhoria de Conforto Acústico na Reabilitação de Edifícios**. Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto, Oct. 2015

SÁ, Nuno José Marque E - **Optimização de sistemas prediais de distribuição de água fria**. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Jun. 2012

SAMPAIO, Pedro Manuel Dos Santos Freitas - **Comportamento acústico de pavimentos em edifícios antigos**. Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto, Nov. 2016

SILVA, David Alexandre Ferreira Da - **Reabilitação de Edifícios Antigos com Valor Patrimonial: Metodologia de Intervenção**. Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto, Jul. 2017

SILVA, Nuno Ferreira - **Avaliação o Desempenho Acústico de Edifícios de Habitação**. Porto : Instituto Superior de Engenharia do Porto, Nov. 2016

TAVARES, Martha Lins - **A Conservação e o Restauro de Revestimentos Exteriores de Edifícios Antigos**. Lisboa : Universidade Técnica de Lisboa/Faculdade de Arquitetura, Apr. 2009

ANEXO

Identificação Geográfica

Identificação Geográfica do Edifício ou Fração Autónoma

Código Postal	4450	-	272	Concelho	Matosinhos
Artéria	RUA SENDIM				
Aplicável nº de Porta?	☒	Aplicável Alojamento?	☐		
Nº de Porta	980	Alojamento			

Inserir fotografia

(Tamanho máximo de 150KB, formato jpg)

Natureza da Emissão

Qual a data de início do processo de licenciamento ou autorização de edificação?	A partir de 1 de Julho de 2021		Motivo da Emissão do Certificado	
Tipo de Certificado		Contexto de Certificado		Definição do Enquadramento

Identificação do Imóvel

Identificação do Imóvel

Tipo de Imóvel	Edifício	Tipo de Fração	Privado	Ocupado por Entidade Pública	☐	Habitação Social?	☐
Nome do Empreendimento / Designação Comercial							

Identificação Registral

Conservatória Omissa?	☒
-----------------------	-------------------------------------

Identificação Fiscal

Freguesia	UNIÃO DAS FREGUESIAS DE MATOSINHOS E LEÇA DA PALMEIRA	Cód. de Freguesia	130812
Nº Artigo Matricial		Fração	

Identificação Municipal

Aplicável Nº do Processo Municipal?	☐		Data de registo	
Nº do Processo Municipal				
Aplicável Nº de Alvará / Autorização de Construção	☐		Data de Alvará / Autorização de Construção?	
Nº de Alvará / Autorização de Construção				

Visita

Data da Visita		Hora Início		Hora Fim		ID da Declaração de Visita	
O Perito Qualificado foi acompanhado na visita para efeitos de verificação da qualidade do processo do SCE.							
☐							
Escolher ficheiro							

Certificado anterior

Código do CE anterior	
-----------------------	--

Características do Imóvel

Localização geográfica do edifício

Altitude (m)	79	Altitude normalmente entre 0 e 132 m
Distância à costa	Inferior a 5km	Edifício situado
		no interior de uma zona urbana

Características do Edifício

Ano de construção conhecido?	☒	Ano de construção	
Período de Construção			
Tipo de utilização	Habitação	Nº total de pisos que constitui o edifício	
Possui elevador?	☐	Possui ponto de carregamento para veículo elétrico?	☐

Características da Fração

Área útil de pavimento (m²)	40,47	Pé-direito médio ponderado (m)	2,60	ROADMAP	2021
Tipologia	T1	Tipologia fiscal	T1	Inércia Térmica	Média
Nº de pisos da fração					
Descrição sucinta					Caract. restantes
O edifício localiza-se na união de freguesias Matosinhos e Leça da Palmeira, concelho de Matosinhos, Distrito do Porto, a uma altitude de 38 m e uma distância à costa inferior a 5km. O edifício é constituído por dois pisos. O piso 0 apresenta duas frações do tipo T1 e no piso 1 apresenta uma fração do tipo T2. Segundo a informação disponível, o edifício foi construído entre 1946 e 1960 e destina-se a habitação.					1586

Levantamento Dimensional

Divisão	Área (m²)	Pé Direito (m)	% Área	Volume (m³)	Inércia da Divisão
Cozinha + Sala	21,34	2,60	52,7	55,48	
Quarto	14,55	2,60	36,0	37,83	
I.S.	4,58	2,60	11,3	11,91	

TOTAL	40,470	2,600	100,0	105,22
-------	--------	-------	-------	--------

Envolvente exterior

Paredes Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Optar pela regra de simplificação relativa ao cálculo do sombreamento? ☐

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Parede Exterior - Tipo 1	Parede simples com isolamento térmico pelo interior

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m ² ·°C)	Zona ampliada ou Existente?	Sujeita a renovação?	Solução Incorpora PTP's?
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	Parede exterior (PED1): Parede simples com isolamento pelo interior, constituída por: - Reboco com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 2,8 W/(m·°C); - Alvenaria de pedra com 30 cm de espessura e resistência térmica de 0,14 (m ² ·°C)/W; - Isolante térmico com 6 cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,037 W/(m·°C) - Placas de gesso cartonado de 1,25 cm de espessura e com condutibilidade térmica de 0,25 W/(m·°C).	0,47	Existente	Sim	

Designação do Tipo de Solução	Orientação	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m ²)	Área a deduzir (Vãos, PTP, ...) (m ²)	Cor	Fachada Ventilada?	Grau de ventilação	Emissividade	U Solução (W/m ² ·°C)	Área Efectiva (m ²)	U referência (W/m ² ·°C)	U máximo (W/m ² ·°C)
PDE1	Norte		38,28	8,64	Clara	Não			0,47	29,64	0,50	0,50
PDE1	Este		20,88	5,28	Clara	Não			0,47	15,60	0,50	0,50
PDE1	Oeste		20,88	6,02	Clara	Não			0,47	14,86	0,50	0,50

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	Pala horizontal α °	Pala vertical à esquerda β _{esq} °	Pala vertical à direita β _{dir} °	
PDE1	0	0	0	
PDE1	0	0	0	

PDE1	0	0	0	
------	---	---	---	--

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Áreas por orientação (m2)								Área Total (m²)	U Solução (W/m²·°C)	U referência (W/m²·°C)	U máximo (W/m²·°C)
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	60,10	0,47	0,50	0,50
		29,64	0,00	15,60	0,00	0,00	0,00	14,86	0,00				

Pavimentos Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U desc. Solução (W/m²·°C)	Zona ampliada ou Existente?	Sujeita a renovação?	Solução Incorpora PTP's?

Designação do Tipo de Solução	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m²)	U desc. Solução (W/m²·°C)	U referência (W/m²·°C)	U máximo (W/m²·°C)

Coberturas Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U asc. Solução (W/m ² .°C)	U desc. Solução (W/m ² .°C)	Zona ampliada ou Existente?	Sujeita a renovação?	Solução Incorpora PTP's?

Designação do Tipo de Solução	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m ²)	Cor	Revestimento com caixa-de-ar ventilada?	Grau de ventilação (l)	Emissividade (0)	U asc. Solução (W/m ² .°C)	U desc. Solução (W/m ² .°C)	U referência (W/m ² .°C)	U máximo (W/m ² .°C)

Vãos Envidraçados Exteriores

Optar pela regra de simplificação relativa ao cálculo do sombreamento dos vãos envidraçados? ☐

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Janela	Tipo de solução caixilharia 1	Tipo de solução caixilharia 2
Envidraçado Exterior - Tipo 1	Simplex	Caixilharia metálica com corte térmico com vidro duplo	

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Tipo de Protecção	Descrição da Protecção	Zona ampliada ou Existente?	Sujeita a renovação?
VE1	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Vidro duplo corrente com g.l.vi=0,75 Caixilharia de metal - alumínio	Com protecção pelo interior		Existente	Sim

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	U _{wdn} (W/m ² .°C)	g _{gl,vi}	g _{tot}	FS Global Prot. Perm. G _{tot,p}	Classe da Caixilharia 1	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada Fg	U _{Ref} (W/m ² .°C)	Área (m ²)	U _{máx} (W/m ² .°C)
VE1	1,67	0,75	0,35	0,56	2	Duplo	0,70	2,80	8,64	2,80

[illegible]

(continuação)

[illegible]

Vãos Opacos Exteriores

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Vão opaco exterior - Tipo	Não aplicável

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Solução por defeito?	U Solução (W/m ² .°C)	Tipo de porta	U Solução (W/m ² .°C)

Designação do Tipo de Solução	Orientação	Cor	Área (m ²)	Pala horizontal α	Pala vertical à esquerda β _{esq}	Pala vertical à direita β _{dir}		U Solução (W/m ² .°C)	U referência (W/m ² .°C)	U máximo (W/m ² .°C)

Envolvente em contato com o solo

Considerar a simplificação relativa ao cálculo da transmissão pelos elementos em contacto com o solo? ☐

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo λ?

2,0

W/(m.°C)

Pavimentos Têrreos

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Pavimento Têrreo - Tipo 1	Pavimento com isolamento térmico pelo interior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	URef (W/m ² .°C)	Sujeita a renovação?
PVT1	Pavimento Têrreo - Tipo 1	Pavimento Têrreo (PVT1): Pavimento em contacto com o solo, com o isolamento térmico pelo interior constituído por: -Revestimento interior com 1 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,3 W/(m.°C) -Camada de regularização com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,65 W/(m.°C) -Betonilha armada com 8 cm de espessura e condutibilidade térmica de 2,5 W/(m.°C) -Isolamento térmico (XPS) com 4 cm de espessura e condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C) -Laje têrrea de betão de 10 cm de espessura e uma condutibilidade térmica de 2,0 W/(m2.°C) -Camada de brita com 20 cm de espessura condutibilidade térmica de 2,0 W/(m.°C)	40,47	0,43	0,50	

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	R_t $m^2 \cdot ^\circ C/W$	Perímetro Exposto P (m)	Espessura da parede exposta w (m)	Isolamento Perimetral?	Horizontal ou Vertical?	Espessura do Isol. dn (m)	Extensão de Isol. D (m)
PVT1	1,28	26,00	0,30	Não			

Definição da Envoltente Interior

Aplicação da regra de simplificação relativa à determinação do coeficiente de redução de perdas de ENU? ☐

ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Cálculo do b_{zu} de acordo com a norma 13789?	b_{zu} calculado	A_j/A_u	Volume do ENU m^3	Ventilação	b_{zu}
Edifício Adjacente			-	-	-	0,60
Cobertura	Não		$1 \leq A_i/A_u < 2$	$V > 200$	Fraca (f)	0,80
						-

Paredes interiores - Soluções correntes, pontes térmicas planas e vãos opacos

Parede Interior, Ponte Térmica Plana ou Vão Opaco?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Parede Interior - Tipo 1	Parede simples com isolamento térmico pelo interior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m².°C)	Zona ampliada ou Existente?	Sujeita a renovação?	Solução Incorporada PTP's?
PDI1	Parede Interior - Tipo 1	Parede interior (PDI1): Parede simples com isolamento pelo interior, constituída por: - Reboco com 2 cm de espessura e condutibilidade térmica de 1,30 W/(m.°C); - Alvenaria de pedra com 30 cm de espessura e condutividade térmica de 0,14 W/(m.°C); - Isolante térmico com 6 cm de espessura, com condutibilidade térmica de 0,037 W/(m.°C) - Placas de gesso cartonado de 1,5 cm de espessura e com condutibilidade térmica de 0,25 W/(m.°C).	0,49	Existente	Sim	

[illegible]

Designação do Tipo de Solução	b_{2lu}	Área por b_{2lu} (m ²)	U Solução (W/m ² ·°C)	URef (W/m ² ·°C)	UMáx (W/m ² ·°C)
PDI1	0,60	16,90	0,49	0,80	2,00

[illegible]

Ventilação

[illegible]

Electricidade, Gás (natural, propano, butano), Gasóleo, Biomassa (sólida, líquida, gasosa)

Identificação do Sistema	Função	Funcionamento (perfil de consumo)	Potência (kW)	Informação sobre eficiência?	Eficiência do Equipamento Nominal/Sazonal	Fracção servida (0 a 1)	Idade do sistema	Eficiência do Equipamento (0 a 6)	Eficiência de referência	EREN (kWh/ano)	Consumo Energia Final (kWh/ano)			Parcela das necessidades (0 a 1)
											-			-

Solar, Eólica, Hídrica, Geotérmica

Identificação do Sistema	Função	Potência (kW)	EREN (kWh/ano)	Parcela afecta à Função (0 a 1)	EREN ext (kWh/ano)	Área Total de Coletores (m2)	Produtividade (kWh/m2) Coletores		Produtividade (Wh/Wp)	Caudal Médio (m3/s)	Rendimento Nominal Turbina	Rendimento Nominal Gerador	Parcela das necessidades (0 a 1)	Parcela das necessidades de energia eléctrica (0 a 1)
Sistema 1	Águas Quentes Sanitárias		971,00	1,00		2,60	373,46						0,82	-
			-										-	-

Informação adicional - sistemas técnicos

Identificação do Sistema	Data de instalação Equipamento/ Sistema	Designação Comercial do Instalador	Telefone do Instalador	Email do Instalador	Registo de manutenção do sistema?	Data da Manutenção
Sistema 1						

Balanço energético

Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência	Renovável Requisito Ren _{Hab} (%)
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	25,74	50,94	62,90
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	16,76	9,13	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	1189	1189	Ntc/Nt
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		0,44
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	971	0	
Eren AQS	Energia produzida a partir de fontes renováveis para produção de AQS (kWh/ano) (para efeito de verificação do requisito mínimo)	971	0	Classe Energética
Eren_ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)	0,00		
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWhep/m2.ano)	92,46	212,25	A

Indicadores de desempenho

	Valor de Referência (kWh/m2.ano)	Valor do Edifício (kWh/m2.ano)	Renovável (%)
Aquecimento	50,94	25,74	0,00
Arrefecimento	3,04	5,59	0,00
AQS	30,92	29,65	80,91

Energia Renovável (%)	39,35
-----------------------	-------

Emissões de CO2 (t/ano)	0,54
-------------------------	------

Dados Climáticos

Graus-dia	1 226
-----------	-------

Zona Climática de Inverno	I1
---------------------------	----

Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	10,0
---	------

Zona Climática de Verão	V2
-------------------------	----

Temperatura Média Exterior Verão (°C)	20,9
---------------------------------------	------

Potencial para a identificação de Medidas de Melhoria

AValiação do potencial para a identificação de medidas de melhoria

[alínea b) do ponto 4. do Despacho n.º 7113/2015 de 29 de Junho]
 Verde (superior a 30%) - Elevado potencial de melhoria
 Amarelo (entre 0% e 30%) - Algum potencial de melhoria
 Vermelho (inferior a 0%) - Não existe potencial de melhoria

		Solução Inicial	Simulação em curso
Variação das necessidades de energia útil utilizando os valores de referência do coeficiente de transmissão térmica (U _{REF})	Aquecimento	 -39,8%	--
	Arrefecimento	 12,2%	--
Variação das necessidades de energia final utilizando os valores de referência para os sistemas técnicos:	Aquecimento	 -39,8%	--
	Arrefecimento	 12,2%	--
	AQS	 0,0%	--

Duração da estação de aquecimento (meses)	6,2
---	-----

Duração da estação de arrefecimento (meses)	4,0
---	-----

Indicadores de aquecimento

Paredes (W/°C)		
Hext	Henu;adj	Hecs
28,25	4,97	0,00

PTP (W/°C)	
Hext	Henu;adj
0,00	0,00

Portas (W/°C)	
Hext	Henu;adj
0,00	0,00

PTL (W/°C)	
Hext	Henu;adj
0,00	0,00

Ht (W/°C)
82,74

Coberturas (W/°C)	
Hext	Henu;adj
0,00	0,00

Pavimentos (W/°C)		
Hext	Henu;adj	Hecs
0,00	0,00	17,21

Vãos envidraçados (W/°C)	
Hext	Henu;adj
14,43	0,00

Renovação de Ar (W/°C)	
Hve	
17,89	

Indicadores de arrefecimento

Paredes (kWh)
Qsol,v EXT
161,28

Coberturas	
Qsol,v EXT	Qsol, Desv
0,00	0,00

Portas (kWh)
Qsol,v EXT
0,00

Vãos Envidraçados (kWh)
Qsol,v EXT
880,38

Ganhos Internos (kWh)
Qint,v
473,98

Medidas de Melhoria

Medidas de Melhoria?	☐
----------------------	--------------------------

Justificação para a ausência de Medidas de Melhoria	
---	--

Documentos

Documentos

RELATÓRIO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO

Relatório do perito

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 3 MB, formato pdf

Levantamento

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 2 MB, formato pdf

FOLHAS DE CÁLCULO

Folha de cálculo regulamentar

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 1.5 MB, formato pdf

Folha de cálculo da ventilação

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 1.5 MB, formato pdf

Relatório SCE.ER

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 1 MB, formato pdf

OUTROS DOCUMENTOS E FOTOGRAFIAS

Adicionar/Remover

Notas e Observações

Notas a constar no Certificado Energético

2048 caracteres restantes

Notas a **não** constar no Certificado Energético

2048 caracteres restantes

Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico

1/2

Sumário

Instalação em Rua Sendim (Matosinhos)

4 colectores Padrão REH

» painel de 2,60 m² (inclinação 35° e azimute 0°)

» depósito de 200 l, modelo exemplo tanque kit

Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)

Energia útil solicitada: 1 188 kWh

- satisfeitas por origem solar

- satisfeitas pelo apoio

971 kWh

82%

de fração solar

18%

Indicadores principais (sistema solar)

rendimento: 34%

produtividade: 373 kWh/m²

perdas: 42%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Matosinhos

Local: Rua Sendim

elevação: 79 m

albedo: 20%

obstruções do horizonte

azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S

altura angular:

azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W

altura angular:

Configuração do sistema solar

Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,6 m² de colectores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 200 litros, apoio de montagem em série com controlo temporizado.

Circuito primário com 24 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 30 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.

4 colectores Padrão REH.

Área de abertura 0,65 m², coeficientes de perdas térmicas a1 = 4,12 W/m²K e a2 = 0,014 W/m²K², rendimento óptico = 73%.

1 depósito de modelo exemplo tanque kit, com capacidade 200 litros, em posição vertical; coeficiente de perdas térmicas global = 3,0 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 95°C.

Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.

Água quente distribuída por tubagens de calibre 18 mm isoladas por poliuretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e pontos de consumo.

Necessidades de energia

Águas quentes sanitárias - padrão REH

edifício:

Residências

T1

nº fracções desta tipologia

1

nº ocupantes por fracção

2

consumo diário por ocupante (litros)

40

temperaturas

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
abastecimento de água	13	14	14	15	16	18	19	19	18	16	15	14	°C
pretendida no consumo	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	°C

energia diária

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
segunda-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
terça-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
quarta-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
quinta-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
sexta-feira	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
sábado	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh
domingo	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	3,4	3,5	kWh

perfil de consumo

hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
(período diurno)	15%	15%	10%	.	.	.	5%	5%	.	.	.	10%	
hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	
(período nocturno)	15%	15%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	

Relatório de simulação de sistema solar térmico - continuação

2/2

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)		0,8	1,5	2,4	3,3	4,1	5,1	5,3	4,6	3,4	1,7	1,0	0,6	2,8 kWh/m².dia
incidente nos colectores		1,7	2,5	3,3	3,7	3,9	4,5	4,9	4,8	4,3	2,6	2,0	1,2	3,3 kWh/m².dia
absorvida pelos colectores		1,7	2,4	3,1	3,4	3,5	3,9	4,2	4,5	4,0	2,5	2,0	1,2	3,0 kWh/m².dia

radiação solar global		média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera		4,1	5,6	7,6	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,3	6,2	4,4	3,6	7,8 kWh/m².dia
na horizontal (à superfície)		1,8	2,8	4,2	5,4	6,5	7,4	7,5	6,5	5,0	3,2	2,1	1,4	4,5 kWh/m².dia
incidente nos colectores		2,8	4,0	5,2	5,9	6,3	6,8	7,1	6,8	6,1	4,3	3,3	2,2	5,1 kWh/m².dia
absorvida pelos colectores		2,4	3,4	4,4	5,0	5,1	5,4	5,7	5,8	5,3	3,7	2,8	1,9	4,2 kWh/m².dia

Desempenho energético

temperaturas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente		10	11	13	14	16	20	22	22	20	17	14	11	16 °C
abastecimento de água		13	14	14	15	16	18	19	19	18	16	15	14	16 °C
base do armazenamento		27	33	41	45	48	54	59	58	54	39	32	25	43 °C
topo do armazenamento		35	42	51	55	57	64	69	68	64	48	40	31	52 °C
pretendida no consumo		51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51 °C

massas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
pretendida no consumo		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80 litros/dia
extraída do armazenamento		79	78	73	68	66	58	53	54	58	75	79	80	68 litros/dia
nota: adicionada		1	2	7	12	14	22	27	26	22	5	1	0	12 litros/dia

balanços de energia		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
- sistema solar														
nota: radiação solar na horizontal		144	201	335	421	522	577	602	526	389	256	162	113	4 247 kWh
energia primária (radiação solar incidente)		228	292	420	460	508	534	569	551	474	348	255	177	4 818 kWh
energia solar captada		96	123	169	184	190	198	212	214	189	147	110	76	1 908 kWh
perdas térmicas no circuito primário		2	3	5	6	6	7	8	8	7	4	3	2	59 kWh
perdas térmicas no armazenamento		26	37	60	68	74	88	102	99	87	54	36	19	749 kWh
consumos eléctricos parasíticos		5	5	6	7	7	7	7	7	7	7	6	5	76 kWh
energia final (calor de origem solar)		83	105	145	148	164	170	182	184	163	126	95	65	1 631 kWh
- sistema de apoio														
energia primária (eletricidade via SEP)		116	65	33	24	21	2	1	5	11	44	79	143	543 kWh
energia final (calor)		47	26	13	10	8	1	0	2	5	17	32	57	217 kWh
- circuito de distribuição														
perdas térmicas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
- fornecimento de água quente														
necessidades (consumo de energia útil)		109	97	105	100	100	92	92	92	91	99	101	107	1 188 kWh
energia de origem solar (útil)		63	71	92	91	92	91	92	91	87	82	69	50	971 kWh
energia com origem no apoio (útil)		46	26	13	10	8	1	0	2	5	17	31	57	217 kWh

Desempenho global do sistema

fracção solar	82% em termos de energia útil	(*)
produtividade	373 kWh/m² de colector	
i.e.	30% da produtividade limite dos colectores, 1252 kWh/m²	
rendimento - definição física	34% em relação à energia solar no plano dos colectores	
rendimento - definição estatística	23% em relação à energia solar na horizontal	
perdas térmicas e consumos parasíticos	46% da energia solar captada	

(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

INÉRCIA TÉRMICA

EL1 - Elementos da envolvente exterior

Paredes exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDE1	29,64	11,00	11,00	1,00	326,04
PDE1	15,60	11,00	11,00	1,00	171,60
PDE1	14,86	11,00	11,00	1,00	163,46
			0,00		
TOTAL					661,10

Pavimentos exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

Coberturas exteriores

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

EL1 - Elementos da envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não úteis

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

Paredes em contacto com edifícios adjacentes

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PDI1	16,90	11,00	11,00	1,00	185,90
			0,00		
TOTAL					185,90

Pavimentos sobre espaços não úteis

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

INÉRCIA TÉRMICA

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
					0,00

Coberturas interiores (sob espaços não úteis)

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		
TOTAL					0,00

EL1 - Elementos em contacto com outra fracção autónoma

Paredes em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
PFA1	17,16	122,00	122,00	1,00	2093,52
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
TOTAL					2093,52

Pavimentos em contacto com outra fracção autónoma

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
TOTAL					0,00

EL2 - Elementos da envolvente em contacto com o solo

Paredes enterradas

Designação do tipo de solução	Área (m ²)	Massa total (kg/m ²)	Msi	r	A*Msi*r
TOTAL					0,00

Atualizar Inércia no separador Introdução de Dados

INÉRCIA TÉRMICA

Designação do tipo de solução	Área (m²)	Massa total (kg/m²)	Msi	r	A*Msi*r
TOTAL					0,00

Designação do tipo de solução	Área (m²)	Massa total (kg/m²)	Msi	r	A*Msi*r
PVT1	40,47	93,00	150,00	1,00	6070,50
TOTAL					6070,50

Designação do tipo de solução	Área (m²)	Massa total (kg/m²)	Msi	r	A*Msi*r
Paredes divisórias	6,40	11,00	0,00	0,50	0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
					0,00
TOTAL					0,00

[illegible]

Preencher dados inércia

Atualizar Inércia no separador Introdução de
Dados

INÉRCIA TÉRMICA

					0,00
					0,00
TOTAL					0,00

It 222,66

Classe de inércia térmica Média

ACÚSTICA

Paredes Exteriores (PED1)		
Elementos	Espessura (cm)	Massa (Kg/m²)
Reboco	2	38
Parede existente	30	780
Isolamento lã de rocha (MW)	7	-
Gesso cartonado	1,25	11
Total	40	829
Rw (dB)	60	

Paredes Divisórias (PD1)		
Elementos	Espessura (cm)	Massa (Kg/m²)
Gesso cartonado	1,25	11
Isolamento lã de rocha (MW)	7	-
Gesso cartonado	1,25	11
Total	9,5	22
Rw	31	

Parede em contacto com outra habitação		
Elementos	Espessura (cm)	Massa (Kg/m²)
Reboco	2	38
Tijolo cerâmico	15	184
Isolamento lã de rocha (MW)	7	-
Tijolo cerâmico	15	184
Reboco	2	38
Total	41	406
Rw	53	

Exterior + envidraçado

Compartimento	V (m³)	Área opaca		Área envidraçada		τ conjunto	Rw conjunto	Atotal (m²)	% (env)	D _{2m,nt,w}	Limite regul.
		Rw	A (m²)	Rw	A (m²)						
Sala de estar e Cozinha	55,48	60	10,42	36	6,48	9,69E-05	40,14	16,9	38%	40	≥ 33 dB

$$Rw_{conjunto} = 10 \times \log \left(\frac{1}{\tau_{conjunto}} \right)$$

$$\tau_{conjunto} = \frac{10^{\frac{-Rw}{10}} \times S1 + 10^{\frac{-Rw}{10}} \times S2}{S1 + S2}$$

Compartimento	V (m³)	Área opaca		Área envidraçada		τ conjunto	Rw conjunto	Atotal (m²)	% (env)	D _{2m,nt,w}	Limite regul.
		Rw	A (m²)	Rw	A (m²)						
Quarto	37,83	60	8,32	36	2,16	5,26E-05	42,79	10,48	21%	43	≥ 33 dB

Parade de meação - quarto com outra edificio

$$D_{2m,nT,w} = Rw + 10 \log \left(\frac{0,16 \times V}{T_0 \times S} \right)$$

Compartimento	V (m³)	Apareda (m²)	T0 (s)	Rw (dB)	TM	D _{nt,w}	Limite regul.
Quarto	37,83	12,74	0,5	60	0	59,8	≥ 50 dB

Parade de meação - sala de estar com outra edificio

$$D_{nT,w} = Rw + 10 \log \left(\frac{0,16 \times V}{T_0 \times S} \right) - TM$$

Compartimento	V (m³)	Apareda (m²)	T0 (s)	Rw (dB)	TM	D _{nt,w}	Limite regul.
Sala de estar e Cozinha	55,48	8,58	0,5	54	0	57	≥ 50 dB

Parede entre habitações

Isolamento sonoro a sons de percussão

Compartimento	V (m³)	A (m²)	T0 (s)	Rw + Ln,w (dB)	Rw	ΔLw	TM	L' nT,w	Limite regul.
Sala de estar / Sala de estar	55,48	1,56	0,5	130	53	19	0	47	≤ 60 dB

$$L'_{nT,w} = (R_w + L_{n,w}) - R_w - \Delta L_w - 10 \log \left(\frac{0,16 * V}{A_0 * T_0} \right) + K_{TM}$$