

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E
ENERGIA



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

Sistemas de aquecimento e ventilação
Estágio em Genebra

Joana Sebastião Silveira Ramos

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

2014

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E
ENERGIA



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

Sistemas de aquecimento e ventilação Estágio em Genebra

Joana Sebastião Silveira Ramos

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Trabalho realizado sob a supervisão de
Guilherme Carrilho da Graça (FCUL)

2014

Agradecimentos

À minha família, que proporcionou as bases do que sou e a ambição de querer ser mais.

Aos meus amigos, colegas de curso, companheiros de dolorosas manhãs de aulas, de longas tardes de estudo e de ínfimas jantaras e noites de boémia.

Um agradecimento especial às amigas Vera e Carolina, pelo apoio moral e gramatical, e Julia e Joana, companheiras de trabalho e desespero final.

Resumo

O presente relatório de estágio enquadra-se no âmbito da Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

O estágio foi realizado na empresa *Putallaz Ingénieurs Conseils Sàrl* em Genebra, na Suíça, com uma duração de seis meses. Durante este período foi possível participar em projetos de aquecimento e ventilação de edifícios no papel de engenheira projetista.

Este documento visa a apresentação dos diferentes tipos de sistemas de aquecimento e ventilação mais utilizados na Suíça, assim como os seus principais elementos constituintes e os métodos seguidos para o seu dimensionamento. Por outro lado, é feita a descrição do trabalho desenvolvido pelo engenheiro projetista de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) nas diferentes fases do projeto neste país.

Abstract

This internship report was developed for the Energy and Environmental Engineering Master's Thesis, in the Faculty of Sciences of the University of Lisbon.

The internship was held in the company *Putallaz Ingénieurs Conseils Sàrl* in Geneva, Switzerland. During six months it was possible to participate in heating and ventilation projects in buildings.

The goal of this document is to present the different types of heating and ventilation systems used in Switzerland, as well as their main constituent elements and the methods used for their dimensioning. The work developed by the heating, ventilation and air conditioning (HVAC) engineer in the different project phases in this country is also described.

Palavras-chave:

Aquecimento; Ventilação; Conforto Térmico

Heating; Ventilation; Thermal Comfort

Índice

1.	Introdução	1
2.	Sistemas Energéticos em Edifícios	2
3.	Sistemas de Aquecimento.....	4
3.1.	Tipos de sistemas	5
3.2.	Produção de água quente sanitária	8
3.2.1.	Dimensionamento da produção de AQS.....	8
3.3.	Produção de Calor para o Aquecimento	10
3.3.1.	Exigências de desempenho térmico dos edifícios na Legislação Suíça	11
3.3.1.1.	<i>Autorização de Construção</i>	12
3.3.1.2.	<i>Cálculo global das necessidades de calor para o aquecimento para verificação do cumprimento dos limites legais e normativos</i>	13
3.3.1.3.	<i>Avaliação do desempenho global no Lesosai</i>	17
3.3.2.	Cálculo da potência térmica a instalar	19
3.3.2.1.	<i>Cálculo das perdas caloríficas</i>	19
3.3.3.	Estimativas da produção de calor – Fases iniciais ou Renovações	22
3.4.	Componentes do Sistema	24
3.4.1.	Geradores de Calor.....	25
3.4.1.1.	<i>Estudo comparativo - bomba de calor e caldeira a gás</i>	30
3.4.2.	Equipamentos do Circuito Hidráulico	31
3.4.2.1.	<i>Permutadores de Calor</i>	31
3.4.2.2.	<i>Acumuladores</i>	31
3.4.2.3.	<i>Tubagem</i>	32
3.4.2.4.	<i>Bombas de circulação</i>	33
3.4.2.5.	<i>Vasos de Expansão</i>	34
3.4.2.6.	<i>Válvulas</i>	35
3.4.3.	Equipamentos emissores de calor	37
4.	Sistemas de Ventilação	40
4.1.	Tipos de sistemas	41
4.2.	Dimensionamento Sistemas de Ventilação Mecânica	45
4.3.	Componentes do sistema.....	46
4.3.1.	Conduatas de distribuição.....	47
4.3.2.	Ventiladores	47
4.3.3.	Regulação do caudal.....	49

4.3.4.	Filtragem e Amortização Sonora	49
4.3.5.	Dispositivos de extração e insuflação	50
4.3.6.	Recuperação de calor	51
5.	Atividades Desenvolvidas.....	52
5.1.	Definição dos objetivos	54
5.2.	Estudos Preliminares.....	54
5.3.	Projeto AVAC.....	57
5.3.1.	Anteprojeto	57
5.3.1.1.	<i>Rua Le Corbusier : Renovação da produção de calor</i>	57
5.3.2.	Projeto.....	61
5.3.2.1.	<i>Villa à Presinge : Renovação de uma vivenda individual</i>	61
5.3.2.2.	<i>Sainte Clotilde – construção de um edifício de habitação</i>	63
5.4.	Adjudicação.....	64
5.4.1.	Concursos	64
5.4.2.	Avaliação e proposição de Adjudicação	65
5.5.	Realização da obra	65
5.6.	Exploração da Instalação.....	65
6.	Conclusão	66
7.	Bibliografia e referências.....	67
	Anexos.....	68
	Anexo A: <i>Cahier technique 2024</i> , valores característicos – cozinha	68
	Anexo B: Tabela AQS – catálogo <i>Hoval</i>	70
	Anexo C: Tabelas dos valores pontuais limite para os elementos construtivos, norma <i>SIA 380/1</i>	71
	Anexo D: Tabela das condições normais de utilização de diferentes tipos de edifício/divisão, norma <i>SIA 380/1</i>	72
	Anexo E: Tabela dos valores limite de $Q_{h,li0}$ e $\Delta Q_{h,li}$ para as novas construções, norma <i>SIA 380/1</i>	73
	Anexo F: <i>Agema</i> – Exemplo de valores típicos utilizados para o dimensionamento de sistemas solares térmicos.....	74
	Anexo G: <i>Sauter</i> – Exemplo réguas de dimensionamento de válvulas.....	75
	Anexo H: Esquema de Princípio, <i>Rue le Corbusier</i>	76
	Anexo I: Desenho esquemático do aquecimento, <i>Villa à Presinge</i>	77
	Anexo J: Desenho esquemático da ventilação – insuflação, <i>Villa à Presinge</i>	78
	Anexo K: Desenho esquemático da ventilação – extração, <i>Villa à Presinge</i>	79

Anexo L: Esquema de Princípio, <i>Villa à Presinge</i>	80
Anexo M: Esquema de Princípio, <i>Sainte Clotilde</i>	81
Anexo N: Planta do primeiro andar, <i>Sainte Clotilde</i>	82
Anexo O: Desenho esquemático da ventilação - extração, <i>Sainte Clotilde</i>	83
Anexo P: Desenho esquemático do aquecimento, <i>Sainte Clotilde</i>	84

Índice de Tabelas

Tabela 1 : <i>Alto Desempenho Energético</i> , de acordo com o tipo de construção	11
Tabela 2 : Potência específica de aquecimento.....	23
Tabela 3 : Potência térmica extraível consoante o tipo de solo.....	28
Tabela 4 : Consumo suíço em 2013.....	30
Tabela 5 : Coeficiente de dilatação da água.....	35
Tabela 6: Caudais mínimos de ar novo insuflado.	45
Tabela 7: Caudais mínimos de ar extraído.	45
Tabela 8: Velocidades de escoamento de acordo com o caudal de ar existente.....	47
Tabela 9: Dados do Edifício.....	59
Tabela 10: Estimativa da potência térmica de aquecimento instalada, por sector	60
Tabela 11 : Estimativa da potência térmica de aquecimento instalada por sector, considerando a redução de 80%.....	60

Índice de Figuras

Figura 1 : Esquema representativo do balanço energético de um edifício.	13
Figura 2 : Esquema de funcionamento de uma Bomba de Calor.....	25
Figura 3 : Sistema de Bomba de Calor com sondas geotérmicas verticais.....	27
Figura 4 : Esquema de funcionamento de uma Caldeira de condensação.	28
Figura 5 : Diferentes tipos de válvulas <i>de esfera</i>	35
Figura 6 : Esquema de uma montagem em mistura, com uma V3V.	36
Figura 7: Representação de um sistema de pavimento radiante	38
Figura 8 : Aparelho ventilador-convetor.	39
Figura 9: Representação esquemática de uma instalação de Fluxo Simples.	42
Figura 10: Representação dos fluxos de ar de uma instalação de fluxo duplo.	43
Figura 11 : Unidade de tratamento de ar.....	46
Figura 12: Ventilador centrífugo e ventilador helicoidal.	48
Figura 13: Regulador de Caudal.....	49
Figura 14 : Grelha de insuflação de ar.....	50
Figura 15: Dispositivo de extração de ar.	50
Figura 16: Ilustração do funcionamento de um permutador de fluxos cruzados.	51
Figura 17 : Esquema representativos das diferentes fases de um projeto AVAC Erro! Marcador não definido.	
Figura 18: Esboço do conceito do projeto e do filtro vegetal.	55
Figura 19: Fachada SO durante o verão, efeito da existência dos balcões e do filtro vegetal.	56
Figura 20: Fachada SO durante a primavera/outono, efeito da existência dos balcões e do filtro vegetal.	56
Figura 21: Fachada SO durante o inverno, efeito da existência dos balcões e do filtro vegetal.	57
Figura 22: Coletor Existente.	58
Figura 23: Caldeiras existentes.....	58
Figura 24: Fachada NE, vivenda em Presinge.....	61

Abreviaturas

AQS	Água Quente Sanitária
AUC	Área Útil de Climatização
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
COP	Coefficient of Performance – Coeficiente de Desempenho
DN	Diâmetro Nominal
HPE	Haute Performance Énergétique – Alto Desempenho energético
IDC	Indice de Dépense de Chaleur – Índice de utilização de calor
OEné	Ordem Federal da Energia
OFEN	Office Federal de l'Énergie – Departamento Federal da Energia
PIC	Putallaz Ingénieurs Conseils
PN	Pressão Nominal
SIA	Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes – Sociedade suíça de engenheiros e arquitetos
SIG	Serviços Industriais de Genebra
SO	Sudoeste
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
V3V	Válvula três vias

Símbolos

ε	.....	Rugosidade do tubo
ε_i	.....	Fator corretivo de altura
δ	.....	Coeficiente específico de forma
$\Delta p_{lineares}$	.....	Perdas de carga lineares
$\Delta p_{singulares}$	.....	Perdas de carga singulares
Δp_{st}	.....	Pressão estática
Δp_t	.....	Ganho total de pressão do ventilador, ou pressão total [Pa]
ΔP_v	.....	Perda de carga [bar]
ΔT	.....	Varição da temperatura [K]
η_{BDC}	.....	Rendimento da bomba de calor
η_g	.....	Fator de utilização dos ganhos de calor
η_{ventil}	.....	Rendimento do ventilador
λ	.....	Fator de atrito de Darcy-Weisbach
v	.....	Velocidade do ar [m/s]
ρ	.....	Massa volúmica [kg/m ³]
Θ_e	.....	Temperatura exterior [°C]
$\Theta_{m,e}$	.....	Temperatura anual média exterior [°C]
$\Theta_{int,i}$	.....	Temperatura interior do espaço aquecido (i) [°C]
$\Theta_{su,i}$	.....	Temperatura do ar introduzido no espaço aquecido (i) [°C]
Φ_i	.....	Perdas caloríficas totais, para um determinado espaço aquecido (i) [W]
$\Phi_{T,i}$	.....	Perdas por transmissão, para um determinado espaço aquecido (i) [W]
$\Phi_{V,i}$	.....	Perdas por renovação de ar, para um determinado espaço aquecido (i) [W]
Ψ_i	.....	Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica (I) [W/m.K]
$\bar{\omega}$	.....	Peso específico [N/m ³]
A	.....	Área do elemento construtivo [m ²]
A_e	.....	Área útil de climatização [m ²]
A_p	.....	Área ocupada por um utilizador [m ²]
A_{th}	.....	Área da envolvente térmica do edifício [m ²]
A_w	.....	Área do vão envidraçado [m ²]
b	.....	Fator de redução das perdas por transmissão
c_d	.....	Coeficiente de dilatação
C_p	.....	Capacidade calorífica [kJ/kg.K]
D	.....	Diâmetro interior do tubo
E	.....	Energia elétrica consumida para realização do trabalho mecânico [J]
e_i	.....	Coeficiente de exposição
$E_{F,EI}$	.....	Necessidades de eletricidade para iluminação e equipamentos [MJ/m ² .ano]
$E_{F,hww}$	.....	Necessidades de energia final para aquecimento e produção de AQS [MJ/m ² .ano]
f_{EI}	.....	Fator de redução das necessidades elétricas anuais
F_F	.....	Fator de forma do vão envidraçado
f_{g1}	.....	Fator corretivo que tem em conta a influência da variação anual da temperatura exterior
f_{g2}	.....	Fator corretivo da temperatura tendo em conta a diferença entre a média anual da temperatura exterior e a temperatura exterior
F_S	.....	Fator de redução dos ganhos solares devido ao efeito de sombras
$f_{v,i}$	.....	Fator de redução da temperatura
g	.....	Aceleração gravítica [m ² /s]
g_{\perp}	.....	Taxa de transmissão global de energia do vão envidraçado, na perpendicular [MJ/m ² .ano]
G_S	.....	Radiação solar global que atinge o elemento [MJ/m ² .ano]
G_w	.....	Fator de correção que considera a influência da água subterrânea

<i>h</i>	.....	Altitude do local [m]
<i>h_λ</i>	.....	Perda de carga ao longo do comprimento de um tubo [mca]
<i>H_{T,ie}</i>	.....	Coeficiente de perdas por transmissão do espaço aquecido (i) para o exterior [W/K]
<i>H_{T,ig}</i>	.....	Coeficiente de perdas por transmissão do espaço aquecido (i) para o solo através do pavimento [W/K]
<i>H_{T,ij}</i>	.....	Coeficiente de perdas por transmissão do espaço aquecido (i) para um espaço vizinho (dentro do próprio edifício ou de um outro edifício vizinho) aquecido a uma temperatura significativamente diferente [W/K]
<i>H_{T,iue}</i>	.....	Coeficiente de perdas por transmissão do espaço aquecido (i) para o exterior através de um espaço não aquecido [W/K]
<i>H_{V,i}</i>	.....	Coeficiente nominal de perdas por renovação de ar do espaço aquecido (i) [W/K]
<i>K_v</i>	.....	Coeficiente da válvula
<i>L</i>	.....	Comprimento [m]
<i>l_i</i>	.....	Comprimento da ponte térmica linear l entre o interior e o exterior [m]
<i>m</i>	.....	Caudal mássico [kg/h]
<i>P</i>	.....	Potência de transmissão do ventilador
<i>p_{dyn}</i>	.....	Pressão dinâmica
<i>P_{th}</i>	.....	Potência teórica do ventilador
<i>Q</i>	.....	Potência térmica [kW]
<i>Q_{cold}</i>	.....	Calor aproveitado a partir da fonte/reservatório frio [J]
<i>Q_{EI}</i>	.....	Necessidades elétricas [MJ/m ² .ano]
<i>Q_g</i>	.....	Ganhos de calor totais [MJ/m ² .ano]
<i>Q_h</i>	.....	Necessidades de calor para aquecimento [MJ/m ² .ano]
<i>Q_{heat}</i>	.....	Energia térmica transferida para a fonte/reservatório quente [J]
<i>Q_{h,li}</i>	.....	Necessidades limite admissíveis para o aquecimento [MJ/m ² .ano]
<i>Q_{h,lio}e^ΔQ_{h,li}</i>	.....	Valores limite das necessidades para o aquecimento, definidos pela norma SIA 380/1 [MJ/m ² .ano]
<i>Q_{hww}</i>	.....	Necessidades de calor para aquecimento e AQS [MJ/m ² .ano]
<i>Q_i</i>	.....	Ganhos de calor internos [MJ/m ² .ano]
<i>Q_{iEI}</i>	.....	Ganhos de calor internos devidos às instalações elétricas [MJ/m ² .ano]
<i>Q_{iP}</i>	.....	Ganhos internos devidos aos habitantes [MJ/m ² .ano]
<i>Q_L</i>	.....	Perdas de calor do sistema de aquecimento e produção de AQS [MJ/m ² .ano]
<i>Q_P</i>	.....	Calor libertado por utilizador [W]
<i>Q_R</i>	.....	Calor extraído do ambiente [MJ/m ² .ano]
<i>Q_S</i>	.....	Ganhos solares [MJ/m ² .ano]
<i>Q_T</i>	.....	Perdas por transmissão [MJ/m ² .ano]
<i>Q_{tot}</i>	.....	Perdas totais [MJ/m ² .ano]
<i>Q_{ug}</i>	.....	Ganhos de calor úteis [MJ/m ² .ano]
<i>Q_V</i>	.....	Perdas por renovação de ar [MJ/m ² .ano]
<i>Q_w</i>	.....	Potência térmica necessária para produção de AQS [kW]
<i>Q_{ww}</i>	.....	Necessidades de calor para produção de AQS [MJ/m ² .ano]
<i>n₅₀</i>	.....	Taxa horária de renovação de ar [h ⁻¹]
<i>n_{min}</i>	.....	Taxa horária mínima de renovação de ar exterior (tabelada na norma) [h ⁻¹]
<i>R'</i>	.....	Coeficiente de perda de carga por metro linear de conduta [bar/m]
<i>RC</i>	.....	Recuperação de calor [MJ/m ² .ano]
<i>Re</i>	.....	Número de Reynolds
<i>t</i>	.....	Período de cálculo
<i>T_{cold}</i>	.....	Temperatura absoluta da fonte/reservatório frio [K]
<i>T_{heat}</i>	.....	Temperatura absoluta da fonte/reservatório quente [K]
<i>t_p</i>	.....	Duração da presença de cada utilizador no espaço [h]
<i>U</i>	.....	Coeficiente de transmissão térmica [W/m ² K]
<i>v</i>	.....	Velocidade [m/s]

V	.....	Volume [l]
\dot{V}	.....	Caudal de ar [m3/h]
V_d	.....	Volume de dilatação [l]
V_{ext}	.....	Caudal de ar total extraído no edifício [m3/h]
V_i	.....	Volume do espaço aquecido (i) [m3]
$\dot{V}_{inf,i}$	.....	Caudal de infiltração de ar, devido à passagem de ar através de fissuras e juntas da envolvente térmica do edifício [m3/h]
$\dot{V}_{mech,inf,i}$	.....	Caudal excedente do ar extraído do espaço aquecido (i) [m3/h]
$\dot{V}_{min,i}$	.....	Caudal de ar mínimo, necessário por razões higiénicas [m3/h]
V_{su}	.....	Caudal de ar total insuflado no edifício [m3/h]
$\dot{V}_{su,i}$	.....	Caudal de ar insuflado no espaço aquecido (i) [m3/h]

1. Introdução

O presente documento está enquadrado no âmbito da Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Foi realizado um estágio na empresa *Putallaz Ingénieurs Conseils Sàrl* (PIC) em Genebra, na Suíça, com uma duração de seis meses, com o objetivo da participação em projetos de aquecimento, ventilação e ar condicionado no papel de engenheiro projetista.

Este relatório visa a descrição de diferentes tipos de sistemas de aquecimento e ventilação existentes e utilizados durante o período de estágio, assim como os seus principais elementos constituintes, foca também a apresentação do trabalho desenvolvido pelo engenheiro projetista de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) nas diferentes fases de um projeto.

Durante o período de estágio apenas foi possível trabalhar com os sistemas de aquecimento e ventilação, pelo que este documento não trata os sistemas de climatização.

O documento encontra-se dividido em três partes principais, sendo feito, de início, uma sucinta apresentação da problemática a tratar. A primeira parte consiste na descrição dos sistemas de aquecimento estudados. Nesta parte é feita uma apresentação dos diferentes tipos de sistemas.

São, de seguida, abordadas as exigências legais suíças referentes ao desempenho térmico dos edifícios, sendo descrito o método de cálculo utilizado para a estimativa das necessidades caloríficas globais para o aquecimento de um edifício. Analogamente, é apresentado o método seguido para a verificação do cumprimento dos limites legais e normativos.

Posteriormente, é enunciado o método de cálculo das perdas caloríficas em cada divisão, cujo resultado determina o dimensionamento da produção de calor e dos equipamentos associados.

No final desta primeira parte, são apresentados os principais componentes e equipamentos constituintes de um sistema de aquecimento. São também abordados os métodos de dimensionamento dos diferentes componentes descritos.

Ao longo do tempo foram criadas ferramentas que assistem o engenheiro no dimensionamento das instalações. Existem variadas publicações, usualmente utilizadas, que contêm valores parametrizados e simplificações dos cálculos. São apresentados alguns destes métodos práticos simplificativos utilizados na Suíça.

Foi ainda desenvolvido um resumido estudo comparativo entre os dois tipos de geradores mais frequentemente tratados durante o período de estágio, as caldeiras a gás e as bombas de calor. O objetivo é a avaliação das principais diferenças entre os dois tipos de equipamentos em termos ecológicos e económicos.

A segunda parte trata os sistemas de ventilação. Neste capítulo, tal como na primeira parte, é apresentado o método de dimensionamento de uma instalação e algumas exigências normativas suíças associadas a este tipo de sistema. São depois apresentados alguns tipos de sistemas ventilação e os equipamentos associados ao seu funcionamento.

Um dos principais objetivos deste documento é a apresentação sucinta das tarefas realizadas e dos métodos práticos utilizados durante o período de estágio, completando a formação teórica apreendida no Mestrado Integrado. Assim, a terceira parte apresenta as diferentes fases de um projeto e as atividades associadas, desenvolvidas pelo engenheiro AVAC. São descritos, em algumas destas fases, os diferentes projetos nos quais foi possível participar durante o período de estágio, bem como as atividades desenvolvidas nos mesmos.

2. Sistemas Energéticos em Edifícios

A sensação de calor ou frio está diretamente ligada às trocas térmicas entre o corpo humano e o ambiente no qual este se encontra.

Um ambiente termicamente confortável é aquele no qual, para um determinado nível de atividade física e vestuário, os mecanismos de controlo da temperatura interna são solicitados o menos possível. Ou seja, o ocupante, em condições normais de utilização do espaço, não sente calor ou frio. A cada nível de atividade e vestuário corresponde uma temperatura ambiente que irá satisfazer um máximo de indivíduos.

Os fatores que mais influenciam o conforto térmico são a temperatura ambiente e temperatura das superfícies, a humidade do ar, a velocidade do ar (correntes de ar), as fontes de radiação (ex.: radiação solar), a qualidade do ar (poluição, odores, etc.), o nível de atividade dos utilizadores e o grau de ocupação do espaço.

A construção termicamente responsável assume um papel muito importante na manutenção do conforto térmico. Uma boa qualidade térmica da envolvente do edifício é essencial para o conforto dos seus ocupantes e para que este atinja um bom desempenho energético.

Existem algumas medidas construtivas que ajudam a assegurar uma melhoria do conforto térmico sem o uso auxiliar de energia. São alguns exemplos: o posicionamento eficaz e contínuo de isolamento térmico ao longo da envolvente do edifício e o aumento da inércia térmica do mesmo, através de uma construção que promove o uso de materiais com uma elevada capacidade calorífica.

Para além da capacidade calorífica dos materiais, a condutibilidade térmica, a espessura das paredes e dos pavimentos, a distribuição das áreas de captação e armazenamento dos ganhos solares e a cor das superfícies desempenham também um papel fundamental na forma como o edifício capta, distribui e armazena a energia. É importante a existência de superfícies envidraçadas sobre determinadas fachadas expostas à radiação solar. Estas permitem uma elevada percentagem de ganhos térmicos durante as épocas de aquecimento. Por outro lado, durante as épocas de arrefecimento, o controlo dos ganhos solares e da luminosidade natural pode ser feito através de proteções solares exteriores móveis.

Assim, o trabalho relativo à envolvente térmica dos edifícios, desenvolvido durante o período de estágio e descrito neste documento, focou a verificação da adequação das medidas construtivas às condições climáticas do local. Neste tipo de trabalho são controladas as composições dos elementos construtivos e alguns elementos pontuais que poderiam eventualmente causar problemas térmicos no futuro.

A avaliação dos elementos construtivos de um edifício na Suíça visa a limitação das perdas térmicas associadas. Estas perdas devem respeitar os valores máximos determinados pela Lei da Energia Suíça e pelas normas da Sociedade Suíça de Engenheiros e Arquitetos (SIA – *Société Suisse des Ingénieurs et Architectes*). Esta avaliação é feita tendo em conta o tipo de edifício, as atividades realizadas no mesmo e meteorologia do local.

São descritos neste documento os métodos utilizados para controlo da componente térmica de um edifício na Suíça, tendo este controlo como objetivo a otimização do comportamento térmico dos edifícios, tendo em conta as suas características construtivas e localização.

No entanto, em países com climas rigorosos, como a Suíça, mesmo os edifícios termicamente bem adaptados necessitam de sistemas energéticos que contribuam para a manutenção de condições térmicas agradáveis no interior dos espaços. O aquecimento e a ventilação funcionam no sentido da regulação das condições ambientes no interior dos edifícios, seja com fins industriais, de higiene ou de conforto.

O aquecimento consiste em manter a uma determinada temperatura um espaço que se encontra situado num ambiente exterior mais frio e de temperatura variável.

A ventilação, sozinha ou combinada com um sistema de aquecimento ou arrefecimento, controla por sua vez a injeção e extração de ar no interior de espaços fechados, a fim de eliminar os odores, controlar a humidade e a qualidade do ar interior.

Assim, esta dissertação de mestrado foca também os diferentes tipos de sistemas energéticos em edifícios tratados durante o período de estágio, e o dimensionamento destes sistemas tendo em conta a economia de energia, privilegiando fontes de energia e instalações com um menor impacto no ambiente e tendo em mente os objetivos do cliente em termos de qualidade e preço.

3. Sistemas de Aquecimento

O objetivo de um sistema de aquecimento é, como referido anteriormente, a manutenção de um local a uma determinada temperatura, definida no sentido do aumento do conforto dos utilizadores do espaço.

Dependendo da diferença entre a temperatura definida no interior do local e a temperatura exterior, há um fluxo de calor natural entre os dois espaços que pode ser no sentido do exterior ou do interior do local. Durante a estação fria, este fluxo é do interior para o exterior o que faz com que o espaço interior fique mais frio. Por forma a manter o local a uma temperatura constante, é então necessário transportar uma quantidade de calor equivalente às perdas caloríficas descritas. Este trabalho é realizado pelo sistema de aquecimento.

Neste caso, o papel do engenheiro AVAC é a conceção de um sistema de aquecimento que associe o bom funcionamento da instalação, a satisfação das necessidades caloríficas do edifício, as limitações ou imposições definidas pelo dono de obra e a sua consciência e responsabilidade ambiental, tendo ainda em conta a legislação existente.

Durante o período de estágio, aquando da conceção, dimensionamento e instalação de sistemas AVAC, foram tidas em consideração a Lei da Energia Suíça e as normas existentes definidas pela SIA.

Neste capítulo são descritas, numa primeira fase, as funções e os diferentes tipos de instalações de aquecimento mais utilizados.

São apresentadas as principais características da produção de calor para água quente sanitária (AQS), assim como o método utilizado para o seu dimensionamento.

Posteriormente são descritas as exigências legais suíças relativas à envolvente térmica do edifício e o método de dimensionamento da produção de calor, baseado na estimativa das necessidades caloríficas do edifício, tendo em conta as imposições legais apresentadas.

Finalmente, são apresentados os principais componentes desse tipo de instalações, as suas características e dimensionamento.

3.1. Tipos de sistemas

Uma instalação de aquecimento reúne as seguintes funções essenciais para o aquecimento de espaços:

1. Alimentação de energia

Uma ou mais fontes de energia alimentam o gerador de calor. Estas podem ser a energia final de processos de combustão, o calor ambiente, a energia solar e/ou o calor residual.

2. Produção de calor

O gerador de calor transforma a energia em calor diretamente utilizável e transfere-o ao fluido de distribuição.

3. Armazenamento de calor

O acumulador de calor assegura, através da sua capacidade de armazenamento, um equilíbrio temporal entre a produção e o consumo do calor produzido.

4. Distribuição de calor

A distribuição de calor tem a função de transporte do calor produzido para os locais a aquecer através do fluido de distribuição.

5. Emissão de calor

Os elementos emissivos da instalação têm como missão a transferência do calor do fluido de distribuição para os utilizadores.

Mais à frente serão detalhados os principais componentes que realizam as diferentes funções descritas.

Tendo em mente as variadas funções do sistema de aquecimento e determinadas características específicas de cada projeto, os diferentes tipos de instalação podem ser classificados de acordo com determinados parâmetros. As instalações de aquecimento são essencialmente classificadas segundo: a fonte de energia utilizada, a localização do gerador de calor, o fluido de distribuição de calor e o tipo de emissão de calor. Apesar da existência de outros tipos de sistemas, durante o período de estágio apenas foram dimensionados os sistemas de aquecimento central tendo como fluido de distribuição a água quente.

- a. **Fonte de Energia** – esta pode ser o gás, o óleo combustível, a eletricidade, a biomassa, a energia solar ou do ambiente exterior, energia contida em resíduos ou uma mistura das fontes mencionadas.

O calor necessário para o aquecimento pode ser fornecido por diferentes métodos: combustão de compostos sólidos, líquidos ou gasosos; transformação direta ou indireta de energia elétrica ou de energia do ambiente ou solar em calor.

- b. **Localização do gerador de calor** – Existem três possíveis tipos de sistemas de aquecimento no que toca à localização da produção de calor. A instalação da produção de calor pode ser centralizada ou descentralizada (*single zone/multi zone*).

Numa instalação descentralizada os geradores de calor situam-se diretamente nas divisões a aquecer (normalmente sistemas de menor rendimento e custo). Nos sistemas de aquecimento central existe um único gerador de calor para o conjunto de divisões de um edifício. Finalmente existe ainda o aquecimento coletivo, onde uma única central de produção de calor é aproveitada e utilizada por um grupo mais ou menos importante de casas, um conjunto de edifícios ou mesmo um bairro.

Os sistemas de aquecimento central permitem uma redução do número de geradores de calor (e de chaminés, dependendo da fonte de calor). Esta redução aumenta o rendimento do sistema de geração e diminui, conseqüentemente, o consumo energético. Isto pode significar a diminuição da poluição por parte de fontes de origem fóssil, aquando da utilização deste tipo de combustível.

Por outro lado, este tipo de sistemas evita a necessidade de transporte do combustível para o interior dos locais a serem aquecidos, quando aplicável. Este fator significa um aumento da segurança do utilizador e da simplicidade do abastecimento de combustível.

Um sistema central aumenta ainda a facilidade de regulação de todos os componentes, através da simplificação do controlo do sistema. Ao ser feito o dimensionamento do sistema central são tidas em conta as necessidades dos diferentes espaços e as trocas de calor entre os mesmos. A regulação do sistema é assim global e mais eficiente.

Existem também, no entanto, alguns inconvenientes na instalação deste tipo de sistemas, visto que passa a ser necessária, quando aplicável, uma contagem da energia repartida por diferentes habitações. É também exigido um investimento inicial superior e aumentam as perdas de energia na distribuição de calor.

Nos casos de produção centralizada em edifícios com mais do que um utilizador ou construções de maior dimensão, pode ser instalado um grupo de vários geradores de calor. Esta escolha é justificada pela necessidade de uma otimização da segurança no funcionamento, pela possibilidade de exploração de diferentes fontes de energia ou pela tentativa de uma exploração ideal em diferentes estações do ano.

Relativamente ao aquecimento coletivo, no qual existe uma central de produção que abastece calor a um conjunto de edifícios, este tipo de sistema funciona como um sistema de aquecimento central em maior escala, sendo que as suas vantagens e desvantagens são idênticas. Durante o período de estágio foi possível participar em alguns projetos nos quais foram previstas ligações a um sistema de aquecimento à distância (*Chauffage à distance*, ou *District Heating*).

O estudo e escolha da localização da instalação de produção de calor devem ter em consideração vários aspetos que são essenciais na definição do sistema:

- Exigências relativas à proteção contra o ruído nos edifícios (SIA 181);
- Localização da produção no interior ou exterior da envolvente térmica;
- Distância ao local de utilização do calor, considerando as perdas de calor devidas à distribuição;
- Evacuação dos fumos/vapores, evacuação de cinzas resultantes e alimentação de ar para a combustão (quando aplicável);
- Ventilação do local;
- Aprovisionamento de combustível e/ou eletricidade;
- Local de armazenamento do combustível (quando aplicável);
- Fontes de calor residual;
- Proteção contra incêndios;
- Acesso à exploração, ao serviço e à manutenção;
- Facilidade ao acesso para montagem e manutenção do material e posterior substituição do mesmo.

- c. Fluido de distribuição de calor** – este pode ser água quente a baixa temperatura (35-70°C), água quente a alta temperatura (> 70°C, normalmente utilizado para aplicações industriais) ou vapor/ar.

O calor pode ser transportado por efeito de termossifão, através de uma circulação natural devida às diferenças de densidade do fluido, ou por meios mecânicos, a partir de uma circulação forçada por um ventilador ou bomba de circulação (dependendo do fluido de distribuição utilizado).

Os sistemas de aquecimento com água quente como fluido de distribuição de calor são os mais usuais devido à sua simplicidade de utilização e larga automatização e segurança. A utilização de água quente para distribuição inclui ainda baixos riscos de corrosão e, assim, um tempo de vida alargado.

Outra das vantagens da utilização da água quente como fluido de distribuição de calor, quando comparado com a distribuição de vapor ou ar, é o facto da dimensão das condutas ser largamente reduzida. Isto possibilita não só a redução dos custos da instalação, como a redução do espaço necessário para a distribuição de calor, permitindo uma maior utilização do espaço útil para as principais funções do edifício.

Este fluido permite ainda quer uma regulação centralizada feita pelo gerador de calor, quer uma regulação descentralizada feita para cada circuito de distribuição. A regulação descentralizada, com um alto desempenho, é feita através de uma modificação inicial da temperatura da água, facilitada através da mistura dos fluidos de ida e retorno e com a ajuda de válvulas.

Inconvenientemente existe uma dependência relativamente à alimentação em eletricidade deste tipo de distribuição devido à necessidade de bombas de circulação e determinados componentes eletrónicos de controlo e segurança.

As tubagens de distribuição de calor devem ser isoladas por forma a minimizar ao máximo as perdas de calor. Este isolamento é considerado essencial quando as tubagens atravessam locais não aquecidos ou exteriores, perdendo no entanto importância aquando da sua passagem por locais aquecidos.

- d. Tipos de emissão de calor** – os modos de emissão de calor mais usuais são os de aquecimento por radiação e aquecimento combinado, no qual existe transferência radiativa e convectiva.

Na emissão radiativa os componentes de emissão são aquecidos e emitem energia térmica na forma de ondas eletromagnéticas sendo que, neste caso, a emissão de calor é normalmente feita a partir de superfícies do local aquecido (por exemplo o pavimento, o teto ou paredes laterais). Relativamente à convecção, este tipo de emissão é caracterizado por uma troca de calor entre uma superfície e um fluido em contacto e também pelo transporte de calor de um fluido pelo movimento do conjunto das suas moléculas de um ponto a outro (por exemplo equipamentos do tipo ventilador-convetor).

3.2. Produção de água quente sanitária

A água quente potável utilizada para fins domésticos é designada por água quente sanitária (AQS). Neste subcapítulo são apresentadas de maneira sucinta as bases gerais e exigências relativas às instalações de produção de AQS nos edifícios.

No cálculo da potência necessária para AQS são utilizados valores normais de consumo para cada tipo de edifício e/ou divisão sendo, no entanto, necessária uma reflexão quanto às características do consumo específico em cada projeto.

Durante o período de estágio foram concebidos sistemas de AQS de produção central com acumulação de calor. Neste tipo de sistemas a AQS é aquecida por intermédio da água quente produzida pelos sistemas de aquecimento do edifício, existindo no circuito um permutador de calor que impede a mistura destes dois fluídos. O acumulador de calor permite o armazenamento da AQS, garantindo em todos os momentos a satisfação do consumo.

Uma maior dimensão do acumulador de AQS permite ainda, em determinados casos, a diminuição da potência térmica do gerador de calor, sendo que a maior quantidade de água acumulada permite cobrir as necessidades de calor durante um período de tempo superior.

As instalações de produção de AQS são diretamente ligadas à canalização de água potável. A água fria potável é introduzida no acumulador a partir de um ponto inferior do mesmo, sendo depois aquecida e distribuída aos diferentes utilizadores a partir do ponto superior do reservatório.

Aquando da conceção de um sistema de AQS são tidos em consideração três fatores no sentido do aumento do grau de satisfação do utilizador:

- Fazer face às necessidades previstas;
- Assegurar, nas condições de funcionamento mais frequentes, e tendo em consideração medidas de economia de energia, um rendimento térmico máximo;
- Reduzir a insatisfação resultante dos tempos de espera.

O dimensionamento da produção de calor para AQS deve ter em conta as necessidades dos utilizadores do edifício, a temperatura de distribuição necessária e a autonomia do sistema, ou seja, a capacidade de armazenamento.

É conveniente evitar condições que favoreçam a proliferação de *legionellas* nas alimentações de AQS, sendo este um tipo de bactéria nocivo à saúde normalmente presente em água estagnada. Assim, existem determinados princípios que devem ser aplicados nestas instalações e que são exigidos em matéria de higiene e segurança:

- a. Os dispositivos de aquecimento de AQS não devem permitir o contacto da água técnica, distribuidora de calor, com a água sanitária.
- b. A instalação de distribuição de AQS não deve conter condutas inutilizadas que estejam preenchidas com água;
- c. A água potável que permaneça a uma temperatura compreendida entre 25 e 50°C durante um longo período deverá ser desinfetada termicamente, isto é, ter ciclos regulares de aquecimento a 60°C;
- d. Os reservatórios de AQS devem ser regularmente limpos.

Numa instalação de distribuição de AQS, a temperatura deve estar limitada a um máximo de 65°C. A limitação da temperatura permite a realização de economias de energia e diminui os riscos de corrosão e formação de calcário, para além de assegurar a segurança do utilizador.

Por fim, a preparação de AQS e o aquecimento dos locais devem ser objeto de uma otimização global, de maneira a existir uma adaptação ideal dos dois sistemas.

3.2.1. Dimensionamento da produção de AQS

Os volumes de AQS consumidos variam consideravelmente em função da categoria do edifício, sendo que são também variáveis durante o dia.

Relativamente ao dimensionamento do sistema, existem variadas publicações nas quais é possível encontrar dados de consumo típicos de AQS para cada tipo de utilização de edifícios,

usualmente apresentados numa base horária ou diurna. Podem ainda ser utilizados os valores normativos suíços disponíveis no Caderno Técnico 2024, disponibilizado pela SIA (no anexo A é especificado o exemplo de uma cozinha). É, em todos os casos, indispensável uma avaliação crítica dos valores apresentados nas diferentes fontes enunciadas.

Assim, a partir do valor do caudal volúmico total de AQS, necessário para satisfação do consumo de determinado edifício, é possível determinar a potência necessária para a produção de AQS, por meio da utilização da relação entre a potência e o caudal, equação (1).

$$Q = m \times Cp \times \Delta T \quad (1)$$

Q - potência térmica [kW];

m - caudal mássico [kg/s];

Cp - capacidade calorífica da água [kJ/kg.K] = 4,18 kJ/kg.K = 1 kcal/kg.K;

ΔT - variação de temperatura entre o circuito de ida e o circuito de retorno [K].

É, no entanto, indispensável ter em conta o fator de simultaneidade existente normalmente na utilização de AQS de um edifício.

O coeficiente de simultaneidade tem em conta que os diferentes utilizadores não vão na realidade utilizar a AQS no mesmo instante ou período de tempo. Este coeficiente representa um fator de correção relativo ao número de postos de consumo de AQS que são efetivamente utilizados ao mesmo tempo. Para os edifícios de habitação, existem valores aproximados tabelados que foram obtidos através da experiência.

O processo mais frequentemente utilizado para estimar o consumo de AQS de um edifício de habitação durante o período de estágio foi a utilização dos valores das necessidades típicas por hora (a 60°C) contidas no catálogo da *Hoval*, um fornecedor frequentemente utilizado pela empresa. Estes valores têm como fonte a associação suíça dos fabricantes de material de aquecimento, o *PROCAL*, e têm em conta um modelo de habitação normal (3-4 pessoas, 1 banheira com 150 l de conteúdo e 1 lavatório). A tabela de valores utilizada pode ser consultada no anexo B.

É normalmente utilizada a relação entre a potência e o caudal, apresentada acima, numa diferente forma, equação (2), sendo considerado o coeficiente de simultaneidade.

$$Q_w = \frac{0,7 \times dm^3/h \times \Delta T}{860} \quad (2)$$

Q_w – potência térmica necessária para a produção de AQS; 0,7 – coeficiente de simultaneidade;

O valor 1/860 representa a conversão de unidades (capacidade calorífica da água=4,18 kJ/kg.K=1 kcal/kg.K, 1h=3600s); ΔT=60-10=50°C

A partir da equação (1) e fazendo mesma conversão de unidades, é possível obter a seguinte expressão simplificativa, com o caudal volúmico \dot{V} expresso em m³/h:

$$Q = 1,16 \times \dot{V} \times \Delta T \quad (3)$$

O coeficiente de simultaneidade apresentado contém uma margem de segurança relativamente elevada. Dependendo do projeto e da precisão requerida para o cálculo podem ser utilizados outros coeficientes de simultaneidade.

No caso de outro tipo de edifícios, que não sejam de habitação, foram utilizados como referência os valores definidos pelo Caderno Técnico 2024 da SIA (exemplo em anexo A).

3.3. Produção de Calor para o Aquecimento

Como referido anteriormente, os sistemas de produção de calor para o aquecimento de edifícios têm como principal função a manutenção das condições de conforto no interior dos espaços, mais especificamente a temperatura dos mesmos.

O estudo do sistema deve começar pela avaliação das necessidades energéticas específicas do edifício, sendo esta uma informação essencial para a definição do tipo de instalação que constitui a melhor solução.

Os dados fundamentais para a conceção de um sistema de aquecimento, que devem ser fornecidos ao engenheiro, ou determinados pelo mesmo no início do estudo são: um descritivo dos locais a aquecer (através das plantas e do detalhe da composição dos componentes construtivos) e a definição da sua utilização (horários, ocupação, fontes internas de calor, hábitos de ventilação, etc.). Devem também ser conhecidas as exigências relativas à temperatura interior dos locais.

O trabalho realizado neste domínio foi aplicado tanto a novas construções como a renovações. No entanto, as renovações normalmente incluem mais dificuldades do ponto de vista dos sistemas técnicos, visto a existência de variadas restrições que limitam a escolha de alternativas e o grau de ação aplicado.

Neste capítulo são descritos, numa primeira fase, os limites legais impostos pelo Cantão de Genebra e controlados pelo departamento de energia cantonal.

É depois apresentado o processo seguido para ser pedida a autorização de construção. Tendo em conta a legislação existente a avaliação feita ao desempenho da envolvente térmica do edifício é, nesta fase, enviada às autoridades competentes.

De seguida é descrito o método utilizado para o dimensionamento da produção de calor, através da apresentação do processo de cálculo da potência necessária para a satisfação das necessidades de aquecimento em cada divisão do edifício, que corresponde ao cálculo das perdas térmicas dos espaços referidos.

Por fim, o resultado alcançado e as condições interiores definidas determinam o dimensionamento de todos os componentes necessários ao bom funcionamento do sistema, descritos mais à frente.

3.3.1. Exigências de desempenho térmico dos edifícios na Legislação Suíça

As normas e leis suíças são cada vez mais exigentes no que toca ao consumo dos sistemas energéticos nos edifícios. Existem limites e obrigações a cumprir.

A Confederação Suíça é uma república federal composta por 26 estados, chamados cantões. O estágio foi realizado, como referido anteriormente, no cantão de Genebra. Como república federal, a Suíça é uma confederação com uma lei federal comum, mas permite ainda assim uma determinada independência por parte de cada cantão. Existem obrigações mais exigentes e/ou adaptações desta lei relativamente à realidade e objetivos específicos de cada cantão.

Durante o período de estágio, foi possível conhecer e realizar projetos que se enquadraram na realidade legislativa de Genebra, que é parcialmente descrita de seguida.

As exigências legais diferem de acordo com a natureza dos trabalhos realizados, sendo que esta é dividida em novas construções, renovações e extensões de um edifício existente.

É definida na Lei da Energia suíça uma categoria de projeto de Alto Desempenho Energético (*haute performance énergétique – HPE*) que é composta por certos limites, dependendo da natureza do projeto. A inserção nesta categoria é exigida obrigatoriamente para as novas construções e extensões de edifícios existentes, sendo opcional no caso de renovações.

São apresentados, na Tabela 1, os limites legais definidos para obtenção da categoria de Alto Desempenho Energético em cada tipo de projetos em que este é obrigatório:

Tabela 1 : Alto Desempenho Energético, de acordo com o tipo de construção	
Novas Construções	<ul style="list-style-type: none"> - As necessidades de calor para aquecimento devem ser inferiores ou iguais a 80% das necessidades admissíveis para aquecimento, definidas pela norma SIA 380/1; - A parte de energia não renovável utilizada para satisfazer as necessidades de calor para aquecimento e AQS deve ser inferior ou igual a 60% das necessidades admissíveis para aquecimento, definidas pela norma SIA 380/1.
Extensões de menos de 50m² ou menores que 20% da AUC*, sem passar 1000m²	<ul style="list-style-type: none"> - Os elementos de construção opacos posicionados contra o exterior devem respeitar os valores limite pontuais da norma SIA 380/1, melhorados em 25%; - Os vãos envidraçados devem respeitar os valores limite pontuais da norma SIA 380/1, melhorados em 15% no caso de a sua área ser inferior a 60% da área total da envolvente térmica do edifício e 25% no caso contrário.
Extensões de mais de 1000m² ou nas quais a área corresponde a mais de 20% da AUC*	<ul style="list-style-type: none"> - As necessidades de calor para aquecimento devem ser inferiores ou iguais a 80% das necessidades admissíveis para aquecimento, definidas pela norma SIA 380/1; - A parte de energia não renovável utilizada para satisfazer as necessidades de calor para aquecimento e AQS deve ser inferior ou igual a 70% das necessidades admissíveis para aquecimento, definidas pela norma SIA 380/1.

*AUC – Área útil de climatização, conceito definido no capítulo 3.3.1.2

É, para além disso, obrigatória a instalação de coletores solares térmicos que cubram no mínimo 30% das necessidades para preparação de AQS, no caso de novas construções e de renovações das coberturas. Esta regra permite, no entanto, algumas exceções. É possível pedir uma derrogação à regulamentação no caso de serem satisfeitas estas necessidades a partir de outra fonte renovável, aquando da existência de uma cobertura com uma orientação desvantajosa, de reduzidas necessidades de produção de AQS ou no caso de os locais serem desocupados durante o verão.

3.3.1.1. Autorização de Construção

Na Suíça, de maneira a obter a autorização das autoridades para construir, renovar ou fazer uma extensão a um edifício, é necessário demonstrar que o edifício irá respeitar os limites legais. Para o efeito, existem alguns documentos a fornecer que constituem uma garantia da parte do dono de obra quanto ao cumprimento destes valores, estes devem ser enviados ao Departamento de Energia do cantão onde se insere o projeto em causa. Esta é normalmente uma das tarefas iniciais de um projeto de construção.

O estudo da envolvente térmica do edifício permite desde logo uma primeira estimativa das necessidades de calor do mesmo. Este estudo define também as composições a respeitar nos elementos de construção da envolvente térmica e as medidas a tomar por forma a melhorar o desempenho térmico do edifício.

A forma de elaboração dos justificativos de conformidade dos projetos às prescrições energéticas em vigor é definida numa diretiva suíça relativa aos projetos de construção, de renovação e de transformação.

Existem, associados a esta diretiva, formulários a completar que dependem da natureza do projeto (se é um edifício novo, uma renovação ou uma transformação), da dimensão do mesmo e do tipo de edifício e instalações existentes.

Normalmente, deverá sempre fazer-se o justificativo do desempenho da envolvente térmica através de um programa certificado para o efeito. O programa *Lesosai*, baseado na norma suíça SIA 380/1, explicada mais detalhadamente no capítulo 3.3.1.2, é reconhecido oficialmente para o efeito, sendo o mais utilizado. Este justificativo poderá ser pontual no caso de pequenas renovações, ou global no caso de novas construções ou grandes renovações.

O justificativo pontual trata basicamente de garantir que os elementos construtivos do edifício como as fachadas, pavimentos, telhados, janelas e portas, respeitam o valor limite máximo definido pela legislação. Os valores máximos são diferentes para novas construções e renovações, sendo que para novas construções são mais exigentes. Estes valores, representados pelos coeficientes de transmissão térmica U para uma temperatura de 20°C, são apresentados nas tabelas do anexo C.

O justificativo global é calculado segundo o método descrito na norma SIA 380/1 e permite garantir o cumprimento do limite imposto às necessidades de calor do edifício, chamadas *necessidades limite admissíveis para aquecimento* - $Q_{n,li}$. Este cálculo é realizado tendo em conta o tipo de construção e o clima envolvente.

3.3.1.2. Cálculo global das necessidades de calor para o aquecimento para verificação do cumprimento dos limites legais e normativos

A norma suíça SIA 380/1 trata das necessidades de energia para o aquecimento e para a produção de AQS. Esta norma é aplicada a todos os edifícios aquecidos ativamente a uma temperatura igual ou superior a 10°C. Esta norma é utilizada aquando da verificação do cumprimento das exigências legais definidas relativamente à envolvente térmica do edifício.

O cálculo é feito tendo em conta as condições normais de utilização do edifício, sendo que a cada categoria correspondem diferentes condições especificadas no anexo D. Os valores definidos como correspondentes às condições normais de utilização são valores típicos definidos para cada categoria de edifício. Para além disso, os dados climáticos a aplicar são os valores médios multianuais da estação meteorológica mais próxima, imposta pelo caderno técnico SIA 2028.

O balanço térmico do edifício constitui o objeto principal da norma. Os principais termos de um balanço térmico detalhado são ilustrados na Figura 1.

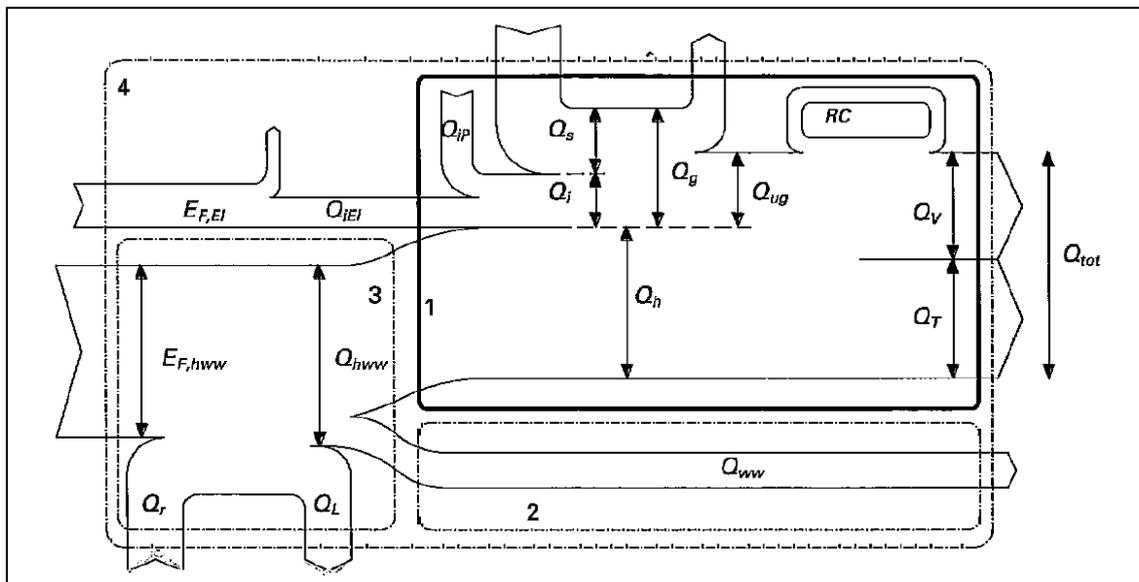


Figura 1 : Esquema representativo do balanço energético de um edifício.

Fonte: Norma SIA 380/1

1 – Limite do sistema para a determinação das necessidades de calor para aquecimento;

2 – Limite do sistema para a determinação das necessidades de calor para AQS;

3 – Limite do sistema das instalações de aquecimento e de produção de AQS;

4 – Limite do Edifício;

$E_{F,EI}$ – Necessidades de eletricidade para iluminação e instalações técnicas do edifício;

$E_{F,hww}$ – Necessidades de energia final para aquecimento e AQS (por agente energético);

Q_g – Ganhos de calor;

Q_n – Necessidades de calor para aquecimento;

Q_{hww} – Necessidades de calor para aquecimento e AQS;

Q_i – Ganhos de calor internos;

Q_{IEI} – Ganhos de calor internos das instalações elétricas;

Q_{IP} – Ganhos de calor internos devidos aos habitantes;

Q_L – Perdas de calor do sistema de aquecimento e de produção de AQS (produção, armazenamento e distribuição);

Q_r – Calor extraído do ambiente;

Q_s – Ganhos Solares;

Q_T – Perdas por transmissão;

Q_{tot} – Perdas totais;

Q_{ug} – Ganhos de calor úteis;

Q_v – Perdas por renovação de ar;
 Q_{ww} – Necessidades de Calor para AQS;
 RC – Recuperação de calor.

Todos os valores são expressos em MJ/m² por ano. A área à qual se referem estes valores corresponde à área útil de climatização – AUC (A_e) (*surface de référence énergétique – SRE*).

A AUC, segundo a definição da norma suíça SIA 416/1 (2007), é a soma de todas as áreas de pavimento dos diferentes andares e dos subsolos incluídos na envolvente térmica e nos quais existe a necessidade de aquecimento ou climatização.

As áreas a ter em conta no cálculo da AUC são:

- a. As superfícies úteis principais (área que corresponde à finalidade principal do edifício – por exemplo escritórios num edifício administrativo);
- b. As áreas de circulação comum, circulações horizontais e verticais e corredores situados no interior da envolvente térmica que assegurem exclusivamente o acesso a superfícies úteis;
- c. As áreas dos locais sanitários e dos vestiários, no caso destes se encontrarem no interior da envolvente térmica. O mesmo é válido mesmo no caso de estas áreas não serem aquecidas;
- d. As condutas técnicas verticais de aprovisionamento ou de evacuação e as despensas de uma área menor que 10 m², se estas forem rodeados por locais que são tidos em conta no cálculo da AUC ou se estiverem no interior do envolvente térmica.

As áreas a não ter em conta no cálculo da AUC, mesmo se estas se encontrarem no interior da envolvente térmica e se forem aquecidas ou climatizadas são:

- a. As áreas úteis secundárias (parte da área útil que corresponde a funções complementares às funções da área útil principal) à exceção dos locais referidos acima;
- b. As áreas de circulação de veículos, incluindo as rampas e elevadores destinados aos veículos e as áreas das instalações técnicas do edifício;
- c. As zonas nas quais a altura livre é inferior a 1,0 m.

O cálculo das necessidades de calor para o aquecimento da norma suíça SIA 380/1 é baseado na norma europeia EN ISO 13790. Esta norma europeia especifica um método de cálculo da necessidade anual de energia para o aquecimento e arrefecimento de um edifício, por forma a garantir o conforto dos habitantes.

Este método inclui o cálculo da transferência de energia, por transmissão e ventilação, do edifício, aquecido ou arrefecido a uma determinada temperatura interna constante, e da contribuição dos ganhos internos e solares para o balanço energético.

Cálculo das necessidades de calor para o aquecimento:

As necessidades de calor para o aquecimento, Q_h , representam a quantidade de calor a fornecer ao espaço aquecido, durante o período de cálculo (normalmente um ano), para manter a temperatura ambiente definida, por unidade de área de referência energética.

Estas necessidades resultam da soma dos balanços mensais, que são obtidos através da subtração dos ganhos de calor úteis às perdas por transmissão e por renovação de ar.

Os ganhos de calor úteis são provenientes da radiação solar, do calor gerado pelos ocupantes e pelos aparelhos elétricos (ganhos internos).

$$Q_h = \sum (Q_T + Q_V - \eta_g \cdot Q_g) \quad (4)$$

η_g – Fator de utilização dos ganhos de calor – este é um fator de redução que intervém no balanço térmico estacionário. Este fator é introduzido de forma a ter em conta o comportamento dinâmico do edifício. O fator de utilização dos ganhos de calor depende da inércia térmica do edifício e do quociente entre os ganhos e as perdas de calor. Através de uma comparação com resultados de simulações dinâmicas foi confirmado que é possível determinar esta taxa com a ajuda de uma fórmula empírica, especificada na norma, que tem em conta os parâmetros mencionados.

Para calcular as perdas caloríficas por transmissão é necessário ter em conta as dimensões e os coeficientes de transmissão térmica dos elementos construtivos. É também necessário ter em consideração as perdas térmicas suplementares devidas às pontes térmicas.

As pontes térmicas são os pontos fracos da envolvente térmica, pelos quais flui localmente mais calor que pelos elementos adjacentes. São normalmente devidas à ligação de dois elementos de construção.

Na prática, os elementos de construção têm defeitos, mas não é necessário ter em conta cada irregularidade separadamente para o justificativo. As propriedades dos diferentes materiais têm em conta as suas irregularidades ou pequenas alterações repetitivas, sendo portanto estas características incluídas no cálculo do valor U.

São de seguida explicados os métodos de cálculo dos elementos essenciais para a determinação das necessidades de calor do edifício, enunciados anteriormente.

Perdas de Calor

As perdas de calor por transmissão são dadas pela seguinte equação:

$$Q_T = \frac{A \cdot U \cdot b \cdot t \cdot \Delta T}{A_E \cdot 10^6} \quad (5)$$

A – área do elemento construtivo [m^2];

U – coeficiente de transmissão térmica do mesmo [W/m^2K];

b – fator de redução, utilizado se o elemento não se encontra posicionado contra o exterior mas contra o terreno ou um local não aquecido, pré-definido pela norma;

t – período de cálculo;

A_E – AUC [m^2];

ΔT – diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura exterior.

As perdas de calor por renovação de ar são dadas pela equação (6).

$$Q_V = \frac{\rho_a c_a \cdot \dot{V} \cdot t \cdot 24 \cdot \Delta T}{A_E 10^6} \quad (6)$$

$$\rho_a c_a = 1220 - 0,14 \cdot h \text{ [J/m}^3 \cdot K] \quad (7)$$

h – altitude do local [m].
 \dot{V} - caudal de ar infiltrado [m^3/h]

As perdas totais do edifício correspondem à soma das perdas por transmissão e por renovação de ar.

Ganhos de calor

Os ganhos de calor são devidos à energia libertada pelos utilizadores e pelas instalações elétricas existentes nos locais, aos ganhos internos, e aos ganhos solares.

$$Q_g = Q_{iP} + Q_{iEl} + Q_s \quad (8)$$

Sendo os ganhos de calor internos relativos aos utilizadores do edifício:

$$Q_{iP} = \frac{Q_P \cdot t_p \cdot t \cdot 3600}{A_P \cdot 10^6} \quad (9)$$

Q_P – calor libertado por utilizador [W];
 t_p – duração da presença de cada utilizador no espaço aquecido [h];
 A_P – área ocupada por cada utilizador [m^2].

Sendo os ganhos de calor internos relativos às instalações elétricas:

$$Q_{iEl} = \frac{Q_{El} \cdot f_{El} \cdot t}{365} \quad (10)$$

Q_{El} – necessidades elétricas anuais [MJ/m^2];
 f_{El} – fator de redução das necessidades elétricas anuais.

Sendo os ganhos solares a soma dos ganhos relativos a cada orientação e à direção horizontal (no caso da existência de superfícies vidradas colocadas na posição horizontal), dados pela seguinte expressão:

$$Q_s = G_s \cdot A_W \cdot 0,9 \cdot g_{\perp} \cdot F_F \cdot F_S \quad (11)$$

G_s – radiação global que atinge o elemento, dependente da orientação do mesmo [MJ/m^2];
 A_W – área do vão envidraçado [m^2];
 g_{\perp} - taxa de transmissão global de energia do vão envidraçado, na perpendicular ao mesmo;
 F_F - Fator de forma do vão envidraçado;
 F_S – fator de redução devido ao efeito de sombras, dependente da orientação do elemento.

Os diferentes parâmetros mencionados, necessários para os cálculos descritos, são definidos ou tabelados na norma. As condições normais de utilização, dependendo da categoria do projeto, encontram-se especificadas no anexo D, como anunciado anteriormente.

De seguida é explicado como é definido pela norma SIA 380/1 o valor limite das necessidades de calor admissíveis.

Necessidades admissíveis para o aquecimento – Valor limite normativo

Segundo a Lei da Energia suíça, as necessidades de calor do edifício devem ser inferiores ao valor limite admissível associado. Sendo que, em determinados casos, é obrigatório que as necessidades de calor calculadas correspondam a uma determinada percentagem do valor máximo admissível (como pode ser verificado na Tabela 1).

O valor das necessidades de calor limite admissíveis $Q_{h,li}$ é definido em função do fator A_{th}/A_E , ou seja, em função do quociente entre a área da envolvente térmica A_{th} e a área de referência energética A_E .

$$Q_{h,li} = Q_{h,li0} + \Delta Q_{h,li} \cdot \left(\frac{A_{th}}{A_E} \right) \quad (12)$$

A área da envolvente térmica é definida como a soma das áreas dos diferentes elementos da envolvente térmica que intervêm no cálculo das necessidades de calor para o aquecimento, que determinam o limite do sistema no balanço térmico. As áreas dos elementos contra espaços não aquecidos ou em contacto com o terreno devem ser ponderadas relativamente a determinados fatores de redução, definidos pela norma. As áreas dos elementos construtivos contra espaços aquecidos não são contabilizadas.

Os valores $Q_{h,li0}$ e $\Delta Q_{h,li}$, definidos para edifícios novos e tabelados de acordo com a categoria do edifício (anexo E), são valores limite definidos para uma temperatura média anual θ_{ea} de 8,5°C.

3.3.1.3. Avaliação do desempenho global no Lesosai

É necessário efetuar o cálculo das perdas e ganhos caloríficos globais do edifício, com o objetivo de verificar se a envolvente térmica se encontra dentro dos limites definidos por lei. O programa *Lesosai*, um programa reconhecido oficialmente que assiste no cálculo das necessidades de aquecimento de um edifício para os justificativos energéticos legais, faz uma estimativa automática da potência global de aquecimento a instalar, de acordo com o *standard* europeu EN12831 e norma SIA 384.201.

Este cálculo constitui também uma primeira aproximação da potência térmica da instalação, que pode ser utilizada na fase de anteprojecto, aquando a necessidade da conceção inicial do projeto e uma estimativa do seu custo.

O *Lesosai* calcula o coeficiente de transmissão térmica (valor U) e permite uma rápida modelação de diferentes soluções, enquanto controla os riscos relacionados com a possível condensação induzida pela composição dos elementos construtivos. É possível sincronizar a base de dados do programa com os produtos normalmente utilizados na construção suíça. Esta base de dados é atualizada pelos fabricantes dos diferentes materiais.

É de seguida apresentado o processo de utilização do programa *Lesosai* para cálculo das necessidades de aquecimento e verificação do cumprimento dos limites legais:

- Reflexão quanto às plantas do projeto, identificação da envolvente térmica e AUC;
- Identificação do tipo de trabalhos efetuado (edifício novo, renovação ou extensão) e da estação meteorológica utilizada (segundo as normas existentes);
- Definição da(s) zona(s) aquecida(s) - para cada zona definida, identificação da categoria de projeto, da capacidade térmica (normalmente é utilizado o valor *standard* de 300 kJ/m²K) e do tipo de regulação do aquecimento (sendo normalmente utilizada a temperatura por divisão ou temperatura inicial/de partida $\leq 30^\circ\text{C}$);
- Introdução da(s) altura(s) e da(s) área(s) de referência energética por zona aquecida, por andar ou por zona do edifício, dependendo do projeto;
- Modelação das composições dos diferentes elementos construtivos (tetos, fachadas/muros e pavimento, janelas e portas) – sendo possível a utilização de tipos de construção *standard*, apresentados pelos diferentes fornecedores, como referência;
- Definição dos diferentes elementos construtivos do projeto, assim como da sua orientação, área e do seu posicionamento. O posicionamento de um elemento pode ser definido contra o exterior, um local não aquecido, o terreno ou um outro edifício ou local aquecido a determinada temperatura;

Relativamente aos vãos envidraçados e portas, estes são introduzidos no respetivo tipo de elemento construtivo onde estão posicionados no projeto. É necessário definir, para além da área dos vãos envidraçados, todas as suas características térmicas, necessárias para o cálculo das perdas e ganhos associados.

- g) Definição das pontes térmicas associadas às diferentes junções entre elementos e/ou aos vãos envidraçados (e portas), que podem ser identificadas no Catálogo das Pontes Térmicas, publicado pelo Departamento Federal de Energia, ou modeladas num programa auxiliar;
- h) Análise crítica dos resultados por forma a ser feito o controlo dos possíveis erros realizados aquando da definição de parâmetros.

3.3.2. Cálculo da potência térmica a instalar

Para dimensionar a produção de calor é necessário ter em mente o destino desta produção. Na Suíça, os sistemas de aquecimento dos edifícios são dimensionados para satisfazerem ora o aquecimento, ora a produção de AQS. É considerado que a inércia do edifício é suficiente para colmatar uma paragem na produção de calor para aquecimento durante um determinado intervalo de tempo reduzido, necessária para o preenchimento do reservatório de acumulação de calor para AQS.

Atualmente, nos edifícios de habitação com um bom desempenho térmico, a potência necessária para aquecimento dos locais é por norma inferior à potência térmica necessária para produção de AQS. Opta-se pela instalação da maior potência por forma a satisfazer ambas as necessidades.

Neste capítulo é apresentado o método de cálculo da potência térmica a instalar, ou seja, o método do dimensionamento da produção de calor para aquecimento dos locais.

No dimensionamento da geração de calor a instalar são ignorados os ganhos internos e solares, visto a sua incerteza e/ou intermitência. Assim, é dimensionado um sistema que assegura as condições de conforto interiores em condições meteorológicas e de utilização mais exigentes.

Para o correto dimensionamento de uma instalação de aquecimento são consideradas as necessidades caloríficas em cada divisão, tendo em conta as perdas térmicas por transmissão e por renovação ou infiltração de ar.

A adição dos dois tipos de perdas mencionados indica a carga térmica nominal de cada local e/ou de todo o edifício, ou seja, as necessidades energéticas para aquecimento do mesmo. A carga térmica corresponde às necessidades caloríficas para o aquecimento dos locais, ou seja à potência térmica a instalar.

Existem também *softwares* que, tal como o *Lesosai*, assistem o engenheiro, permitindo a poupança de algum tempo, aquando do cálculo da calorimetria.

A norma SIA 384.201, que foi adotada como norma nacional suíça tendo como base a norma europeia EN 12831:2003, especifica o método de cálculo da potência térmica a fornecer para assegurar a obtenção da temperatura interior base requerida. O cálculo deve ser realizado assumindo determinadas condições base.

O processo de cálculo da carga térmica, ou seja, do fluxo de calor que é necessário fornecer ao espaço para obter as condições base especificadas, é descrito para:

- cada divisão ou espaço aquecido, com o objetivo de dimensionar a emissão de calor e tubagens de distribuição;
- o edifício inteiro ou uma parte do mesmo, com o objetivo de dimensionar o sistema de produção de calor.

As perdas caloríficas descritas de seguida correspondem à quantidade de calor que flui do interior do edifício para o ambiente exterior por unidade de tempo.

É tido como hipótese que a distribuição da temperatura do ar interior é uniforme e que as perdas são calculadas em regime permanente.

3.3.2.1. Cálculo das perdas caloríficas

Para dimensionar a produção de calor é necessário calcular as perdas térmicas totais do edifício. O processo de cálculo baseia-se na soma dos resultados obtidos em cada divisão, sem ser considerado o calor transferido, por transmissão e renovação de ar, no interior das fronteiras do edifício.

Para o cálculo das perdas de um espaço aquecido devem ser tidos em conta os seguintes componentes:

- As perdas por transmissão são as perdas de calor para o exterior por condução através das superfícies envolventes ou, da mesma maneira, as transferências de calor para espaços adjacentes aquecidos a uma temperatura diferente;

- As perdas por renovação do ar são as perdas de calor para o exterior por ventilação ou infiltração através da envolvente térmica do edifício. Estas podem também ser consequência das transferências de calor por ventilação de um espaço aquecido a um outro não aquecido, situado no interior da envolvente térmica.

As perdas caloríficas totais para um espaço aquecido i , Φ_i [W], são dadas pela seguinte expressão:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (13)$$

$\Phi_{T,i}$ - perdas por transmissão [W];
 $\Phi_{V,i}$ - perdas por renovação do ar [W].

As perdas caloríficas totais correspondem então à potência térmica a instalar num determinado espaço aquecido.

Perdas de calor por transmissão

As perdas nominais por transmissão de um espaço aquecido calculam-se da seguinte maneira:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (14)$$

$H_{T,ie}$ - coeficiente de perdas por transmissão do espaço aquecido (i) para o exterior através da envolvente térmica [W/K];

$H_{T,iue}$ - coeficiente de perdas por transmissão do espaço aquecido (i) para o exterior através de um espaço não aquecido [W/K];

$H_{T,ig}$ - coeficiente de perdas por transmissão do espaço aquecido (i) para o solo através do pavimento [W/K];

$H_{T,ij}$ - coeficiente de perdas por transmissão do espaço aquecido (i) para um espaço vizinho (dentro do próprio edifício ou de um outro edifício vizinho) aquecido a uma temperatura significativamente diferente [W/K];

$\theta_{int,i}$ - temperatura interior do espaço aquecido [°C];

θ_e - temperatura exterior [°C].

É de seguida descrito o método de cálculo dos diferentes coeficientes de perdas referidos na equação (14).

Coeficiente de perdas para o exterior:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l \quad (15)$$

A_k - área do elemento construtivo (k) [m²];

U_k - coeficiente de transmissão térmica do elemento construtivo (k) [W/m².K];

l_l - comprimento da ponte térmica linear (l) entre o interior e o exterior [m];

ψ_l - o coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica (l) [W/m.K].

e_k , e_l são os fatores corretivos de exposição tendo em conta as influências climáticas como a variação da isolamento, a absorção de humidade, a velocidade do vento e temperatura do ar, na medida em que estas influências não tenham sido contabilizadas na determinação dos coeficientes U. Dá-se a estes fatores o valor 1 pois nesta fase não são tidas em conta as influências climáticas.

Coeficiente de perdas através de um espaço não aquecido:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot b \quad (16)$$

b - fator de redução da temperatura tendo em conta a diferença entre o espaço não aquecido e a temperatura exterior nominal.

No caso de não ser possível calcular o valor de b , existe na norma uma tabela que define os fatores de redução típicos, consoante o tipo de espaço não aquecido e a taxa de renovação do ar por infiltração, n_{ue} .

Coefficiente de perdas através do solo:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_k \right) + G_W$$

Onde f_{g1} é um fator corretivo que tem em conta a influência da variação anual da temperatura exterior (tabelado na norma em função da profundidade).

O fator f_{g2} é um fator corretivo da temperatura tendo em conta a diferença entre a média anual da temperatura exterior $\theta_{m,e}$ e temperatura exterior nominal, dado pela equação (17).

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (17)$$

G_W é o fator de correção que considera a influência da água subterrânea, tido em conta apenas se esta se encontrar a menos de 1 m de distância do nível do pavimento do espaço em causa.

Perdas de calor por renovação do ar

As perdas nominais por renovação de ar, $\Phi_{V,i}$ [W], para um espaço aquecido (i), são calculadas da seguinte maneira:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (18)$$

$H_{V,i}$ - coeficiente nominal de perdas por renovação de ar do espaço aquecido (i) [W/K];

$\theta_{int,i}$ - temperatura interior do espaço aquecido (i) [°C];

θ_e - temperatura exterior [°C].

O coeficiente nominal de perdas por renovação de ar do espaço aquecido (i), $H_{V,i}$ [W/K], calcula-se a partir da seguinte expressão:

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot C_p \quad (19)$$

\dot{V}_i - caudal de ar no espaço aquecido (i) [m³/s];

ρ - massa volúmica do ar a $\theta_{int,i}$ [kg/m³];

C_p - capacidade calorífica mássica do ar a $\theta_{int,i}$ [J/kg.K].

Supondo ρ e C_p constantes, a equação (19) reduz-se a:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad (20)$$

Sendo \dot{V}_i neste caso expresso em m³/h.

O método de cálculo para a determinação do caudal de ar correspondente, \dot{V}_i , depende do caso considerado, quer isto dizer, com ou sem sistema de ventilação.

3.3.3. Estimativas da produção de calor – Fases iniciais ou Renovações

Tendo como base a experiência adquirida na área do aquecimento em edifícios, foram desenvolvidos, ao longo do tempo, diferentes métodos aproximados para estimar a potência necessária para aquecer uma habitação ou edifício na Suíça. Estes métodos não dispensam, quando possível, os cálculos referidos anteriormente mas podem, no entanto, ajudar a fazer um controlo da ordem de grandeza dos resultados calculados ou fornecer uma primeira estimativa da dimensão do projeto para as estimativas de custos associados.

Os métodos utilizados dependem da natureza dos projetos, ou seja, se este trata uma nova construção ou a renovação de um edifício existente.

É principalmente importante a existência de métodos aproximados e simplificados no dimensionamento de sistemas dos projetos de renovações. Neste tipo de projetos, a obtenção de determinados valores necessários ao cálculo pode ser complexa, sendo que nem sempre estão à disposição do engenheiro todas as informações relativas às características do projeto.

Existem documentos de normalização do cálculo, publicados por organismos oficiais, como a associação *Energie Suisse*, que normalmente são utilizados. Estes contêm simplificações das fórmulas teóricas e valores parametrizados para aplicações típicas no país.

O grupo *Energie Suisse*, criado pelo Departamento Federal da Energia, tem como objetivo o reforço das medidas reguladoras e de encorajamento da estratégia energética suíça. As atividades desta associação baseiam-se em ações de sensibilização, de informação, de conselho, de formação, de promoção de projetos, de aperfeiçoamento dos mesmos e de *networking*.

São feitas diferentes estimativas, sendo que o valor escolhido deverá provir de uma comparação e avaliação crítica dos diferentes resultados obtidos, assim como dos seus métodos de obtenção. Normalmente, se todas as estimativas forem realizadas sem erros, os diferentes valores não deverão ter uma variação relevante na ordem de grandeza.

Assim, o valor considerado para o dimensionamento deve comportar uma reflexão crítica do sistema que defenda a segurança do abastecimento, mas que tenha em mente os custos associados.

São de seguida apresentados alguns exemplos dos métodos descritos, utilizados durante o período de estágio.

O documento “Dimensionamento das caldeiras a óleo combustível e a gás” do grupo *Suisse Énergie* contém uma fórmula simplificada, baseada na experiência nesta área, que permite determinar a potência a instalar a partir do consumo anual médio de combustível.

Tendo em conta que tanto a eletricidade como a biomassa podem ser expressas em termos de litros de óleo combustível, a fórmula simplificada pode ser utilizada para todos os tipos de sistemas existentes na Suíça. Esta fórmula tem como base o diagrama de Weiersmüller, sendo que o cálculo é baseado na hipótese de que os locais são aquecidos a 20°C.

A potência necessária para aquecimento, para o planalto suíço (abaixo de 800 m de altitude), pode ser calculada pela equação (21), sendo o consumo expresso em litros de óleo combustível.

$$Q_h = \frac{\text{consumo}}{265} \quad (21)$$

Para o caso de uma produção de calor para aquecimento e AQS, nas mesmas condições:

$$Q_{hww} = \frac{\text{consumo}}{300} \quad (22)$$

Uma maneira de controlar o resultado deste método é a verificação das horas nominais de funcionamento.

No documento “Garantia de desempenho – Instalações técnicas”, uma publicação do grupo *Minergie* em conjunto com a associação *Suisse Énergie*, é possível encontrar valores padrão da duração anual do funcionamento destes sistemas a plena carga (t_{an}), a altitudes inferiores a 800m: 2300h para os geradores de calor para aquecimento e 2700h para os geradores de calor para aquecimento e AQS.

No documento referido anteriormente é ainda possível encontrar valores de referência da potência necessária para o aquecimento de diferentes tipos de edifícios, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 : Potência específica de aquecimento.

Fonte: Suisse Energie

Tipo de edifício	Potência específica de aquecimento [W/m²]
Edifício de habitação, isolamento térmico tradicional	50 a 70
Edifício de habitação existente, bom isolamento térmico	40 a 50
Edifício de habitação novo, conforme às prescrições normativas	30 a 40
Edifício administrativo tradicional	60 a 80

3.4. Componentes do Sistema

Um sistema de aquecimento é constituído por diversos componentes que devem ser estudados e dimensionados por forma a garantir o desempenho ideal da instalação.

Na prática, o dimensionamento das instalações do sistema tem um resultado final chamado caderno de encargos. O caderno de encargos é o descritivo exaustivo de todos os componentes da instalação, incluindo a sua quantidade e dimensão. Este documento é utilizado pela empresa instaladora para a definição do projeto e do custo da instalação.

Na escolha dos componentes, descritos no caderno de encargos, são tidos em conta os resultados obtidos no cálculo das necessidades térmicas do edifício. São também tidos em conta determinados parâmetros definidos pelo engenheiro, estes incluem a funcionalidade e características do sistema, qualidade dos materiais e limitações financeiras que possam ter sido estabelecidas pelo cliente.

Neste capítulo são descritos os principais componentes a ter em conta aquando do dimensionamento de um sistema de aquecimento, sendo mencionados, mais precisamente, os componentes utilizados durante o período de estágio: Bomba de Calor, Caldeira a Gás, Coletor Solar Térmico; Permutadores de Calor, Acumuladores de Calor, Tubagem, Bombas de Circulação; Vasos de Expansão e Válvulas. São também descritos, para cada acessório hidráulico apresentado, o método utilizado para o seu dimensionamento.

Relativamente aos geradores de calor, é apresentada uma pequena avaliação técnica e económica comparativa de dois tipos de equipamentos produtores de calor, as caldeiras a gás e as bombas de calor.

Para finalizar, são descritos os componentes emissores de calor mais utilizados atualmente nos edifícios de habitação: os radiadores e o pavimento radiante.

3.4.1. Geradores de Calor

Os equipamentos geradores de calor têm como função a produção de calor para aquecimento. A escolha do tipo de geradores de calor é feita tendo em conta as fontes de energia disponíveis no local, as necessidades caloríficas do edifício, as preferências do dono de obra e as limitações financeiras do projeto.

Os tipos de geradores dimensionados durante o estágio foram as Bombas de Calor (ar e geotérmicas), as Caldeiras (gás) e os coletores solares térmicos.

São de seguida apresentadas as características dos geradores dimensionados durante o estágio, sendo que a maior parte das características funcionais das caldeiras a gás apresentadas podem ser também aplicadas para as caldeiras que utilizam outras fontes de energia.

É ainda feita uma reflexão comparativa entre as caldeiras a gás e as bombas de calor, sendo comparados os aspetos técnicos, económicos e ambientais da sua instalação e funcionamento.

Bombas de calor

As bombas de calor extraem o calor de um meio que pode ser o ar, águas subterrâneas ou o solo. O calor extraído provoca o aquecimento de um líquido refrigerante, situado no interior da bomba de calor, que evapora, passando ao estado gasoso. Este refrigerante gasoso passa por um compressor que potencia o seu aquecimento. Uma vez aquecido, transfere a sua energia sob a forma de calor para o sistema de aquecimento. Ao perder o calor, o refrigerante volta ao estado líquido e é pulverizado através de uma válvula de expansão, que o faz arrefecer mais eficazmente. Depois de frio, o refrigerante pode então voltar a receber o calor do meio, reiniciando o ciclo termodinâmico descrito. A Figura 2 representa esquematicamente o funcionamento descrito.

O processo descrito pode ser realizado para aquecimento ou arrefecimento de espaços, sendo que no último caso o calor é extraído do interior do espaço e fornecido ao ambiente. Nesse caso o equipamento passa a chamar-se uma máquina frigorífica ou *chiller*.

As bombas de calor têm uma elevada eficiência, uma vez que a energia elétrica é apenas uma pequena parte da energia necessária ao funcionamento, sendo aproveitado e potenciado o calor do ambiente.

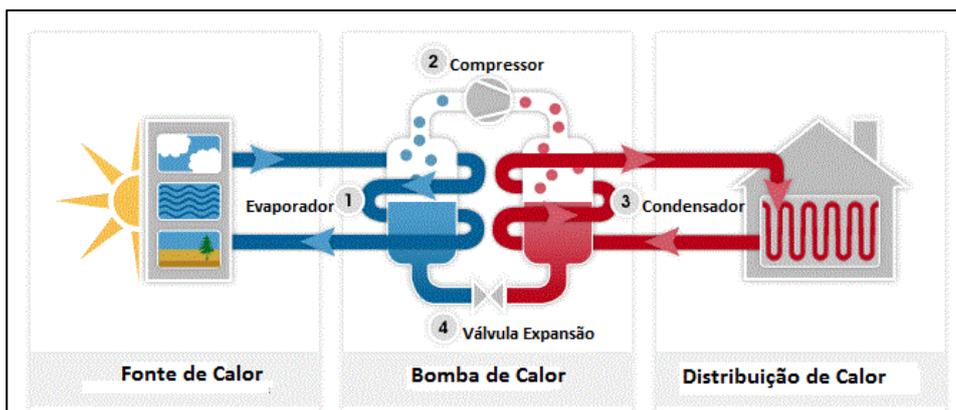


Figura 2 : Esquema de funcionamento de uma Bomba de Calor.
Fonte: Vialis

A equação (23), apresentada de seguida, relaciona a energia cedida ao espaço interior com o calor extraído do ambiente exterior e o trabalho mecânico necessário à promoção do ciclo termodinâmico descrito anteriormente.

$$Q_{heat} = E + Q_{cold} \quad (23)$$

Q_{heat} - energia térmica transferida para a fonte/reservatório quente, mais especificamente os espaços a aquecer [J];

E - energia elétrica consumida para realização do trabalho mecânico [J];

Q_{cold} - calor aproveitado a partir da fonte/reservatório frio, mais especificamente o ambiente [J].

O coeficiente de desempenho ideal de uma bomba de calor (COP – *coefficient of performance*), é definido tendo em conta o limite termodinâmico de Carnot. No modo de aquecimento, este coeficiente corresponde ao quociente entre o calor fornecido ao espaço e a energia elétrica consumida para produção do mesmo.

$$COP = \frac{Q_{heat}}{E} \quad (24)$$

O COP pode, relativamente ao Limite de Carnot, ser definido da seguinte maneira:

$$COP < \frac{T_{heat}}{T_{heat} - T_{cold}} \quad (25)$$

T_{heat} - temperatura absoluta da fonte/reservatório quente [K];

T_{cold} - temperatura absoluta da fonte/reservatório frio [K].

Sendo que o COP real de uma bomba de calor tem em conta o rendimento do equipamento:

$$COP = \eta_{BDC} \frac{T_{heat}}{T_{heat} - T_{cold}} \quad (26)$$

η_{BDC} - rendimento da bomba de calor.

Facilmente é possível perceber que a eficiência de uma bomba de calor depende das condições de funcionamento da mesma, da temperatura exterior ou da fonte de calor exterior e da temperatura de distribuição do calor produzido. Quanto menor for a diferença entre a temperatura da fonte quente e a temperatura da fonte de fria, ou seja, entre a temperatura de distribuição de calor e a temperatura da fonte de calor aproveitada (ambiente), mais elevado será o COP.

É frequente na Suíça a associação de bombas de calor a sondas geotérmicas. Neste tipo de sistema o calor é captado por meio de uma ou mais sondas geotérmicas, nas quais circula uma mistura de água e glicol. As sondas geotérmicas são compostas por tubos que asseguram um circuito fechado em permanência, podendo atingir até 400 m de profundidade. No entanto, a sua profundidade é habitualmente da ordem dos 200 m.

O tipo de coletores geotérmicos utilizados nos projetos realizados durante o período de estágio foram coletores verticais, representados na Figura 3.

Esta associação permite uma grande melhoria do desempenho energético global do sistema. Tendo em conta que a temperatura média do solo, mesmo a relativamente baixa profundidade, é constante ao longo do ano, a temperatura do solo no inverno é mais elevada do que a temperatura do ar. Assim, as bombas de calor geotérmicas têm um rendimento mais elevado do que as bombas de calor aerotérmicas.

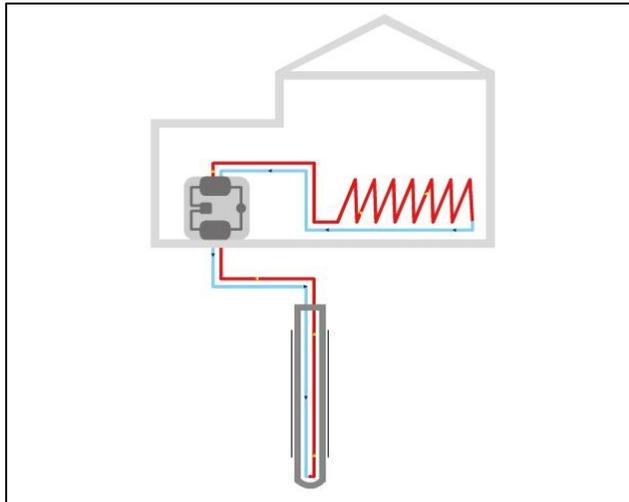


Figura 3 : Sistema de Bomba de Calor com sondas geotérmicas verticais.

Fonte: RTS

Nas bombas de calor pode ser obtido um COP mais elevado graças a uma elevada temperatura proveniente da fonte de calor e, simultaneamente, a uma baixa temperatura de distribuição de calor. A associação de sistemas de emissão a baixas temperaturas, por exemplo o pavimento radiante, a bombas de calor favorece positivamente o coeficiente de desempenho das mesmas.

As bombas de calor geotérmicas tornam-se também apelativas uma vez que é frequente, durante a época de arrefecimento, o aproveitamento da temperatura mais baixa do solo para arrefecimento, através da circulação direta do fluido de distribuição proveniente das sondas geotérmicas, a uma temperatura inferior do que a temperatura ambiente interior, processo chamado *free-cooling*. Através deste processo não é possível uma grande diminuição da temperatura no interior dos locais. Este sistema pode, ainda assim, tornar os locais ligeiramente mais confortáveis, o que constitui uma vantagem relativamente a outros tipos de sistemas.

O processo de *free-cooling* permite ainda efetuar uma recarga de calor no solo, por forma a aumentar a temperatura do mesmo e, conseqüentemente, contribuir para o aumento do rendimento do sistema, durante a época de aquecimento, e do seu tempo de vida. No entanto, esta recarga não é muito eficiente, visto a grande capacidade térmica do solo, sendo mais significativa para projetos de médias a grandes dimensões.

Sondas geotérmicas

As sondas geotérmicas constituem na verdade um permutador de calor entre o solo e a bomba de calor, sendo descritas neste capítulo por razões de enquadramento temático.

Por forma a garantir desempenhos energéticos satisfatórios e a preservação das qualidades térmicas do solo, aquando o dimensionamento das sondas geotérmicas são tidos em consideração os parâmetros geológicos do local, a altitude, o lençol freático, a presença de outras sondas nas redondezas e as características de solicitação das sondas, ou seja, as necessidades energéticas do edifício.

O dimensionamento das sondas geotérmicas considera ainda o potencial de captação e o rendimento das mesmas, deve ser feito por profissionais especializados reconhecidos pelas associações oficiais existentes no país. Estes especialistas podem ser escritórios de estudos especializados em geotermia, ou ainda os instaladores certificados das sondas geotérmicas, que são certificados.

Na Suíça, para instalações que contêm até cinco sondas geotérmicas, projetos não considerados ainda campos de sondas geotérmicas, é possível fazer o dimensionamento do sistema tendo em conta as prescrições e dados existentes na norma suíça SIA 384/6. Esta

norma tem em conta dados típicos da composição do solo nos diferentes locais do país, a potência térmica necessária para o aquecimento dos locais e o número de horas de funcionamento da instalação por ano, assim como as características técnicas da bomba de calor associada. Os resultados deste dimensionamento devem, de qualquer das maneiras, ser monitorizados por especialistas.

É possível serem feitas algumas estimativas para o pré-dimensionamento do sistema, numa fase inicial do projeto, com base em determinados valores típicos. A título de exemplo, são apresentados na Tabela 3 alguns valores que podem ser utilizados.

Tabela 3 : Potência térmica extraível consoante o tipo de solo.
Fonte: Génie climatique

Tipo de solo	Potência térmica extraível
Arenoso seco	10 a 15 W/m ²
Arenoso húmido	15 a 20 W/m ²
Argiloso seco	20 a 25 W/m ²
Argiloso húmido	25 a 30 W/m ²
Aquífero	30 a 35 W/m ²

Caldeiras a condensação

As caldeiras são em geral alimentadas por combustíveis como o óleo combustível, o gás e o carvão, sendo que é aproveitada a energia proveniente da sua combustão para a produção de calor. Ao ser incinerado, o combustível aquece as peças metálicas da caldeira, que transferem o calor ao fluido de distribuição, normalmente a água.

No momento da ignição, o combustível entra em contacto com o oxigénio do ar e reage com o mesmo. A sua combustão produz não só dióxido de carbono mas também vapor de água a uma elevada temperatura. Ao ser arrefecido, este vapor passa ao estado líquido, libertando energia sob a forma de calor latente. Nas instalações de aquecimento convencionais, a energia contida no vapor de água perde-se com o gás queimado através da chaminé. As caldeiras de condensação, no entanto, são aparelhos que aproveitam esta energia para o aquecimento do fluido de distribuição, sendo por isso mais eficientes (rendimentos superiores até 10-14% num funcionamento a gás). Na Figura 4 é ilustrado o funcionamento de uma caldeira a condensação.

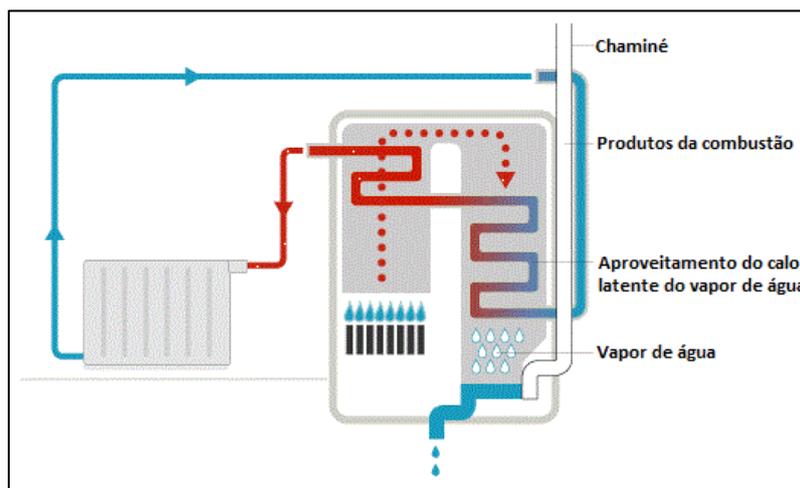


Figura 4 : Esquema de funcionamento de uma Caldeira de condensação.
Fonte: Réseau GDS

A instalação de caldeiras deve incluir a previsão de um local que permita a reserva do combustível, com exceção dos casos de caldeiras a gás.

O funcionamento da maior parte das caldeiras é controlado automaticamente e à distância por sondas de temperatura, sendo que a regulação da temperatura de saída da caldeira pode ser definida dependendo das condições exteriores ou da temperatura ambiente interior.

Graças à modernização deste tipo de tecnologia, foi possível aumentar o seu rendimento, o que levou a uma diminuição no consumo de combustível e, conseqüentemente, uma redução das emissões de CO₂.

Este tipo de geradores tem uma gama de temperaturas de funcionamento mais elevada que a gama de temperaturas de uma bomba de calor, quando o seu funcionamento com o coeficiente de performance ideal.

Coletores solares térmicos

Com uma instalação solar térmica é possível captar a energia do sol e aproveitá-la para a produção de calor para AQS e/ou para o aquecimento do edifício.

O líquido contido no circuito interno de um coletor solar térmico, normalmente uma mistura de água com glicol, é aquecido pelo calor do sol. Este líquido é depois bombeado, no caso de um sistema de circulação forçada (sem termostato), para o depósito térmico onde se acumula a água de consumo.

No depósito, um permutador de calor transfere o calor do líquido para a água, que é depois utilizada para AQS ou para aquecimento dos locais.

A oferta de energia de uma instalação solar é variável e limitada no tempo, sendo normalmente conhecida a sua média. O objetivo do seu dimensionamento é então a obtenção de uma determinada taxa de cobertura energética desejada, sendo a restante parte provida por outra fonte suplementar.

Assim, é importante o conhecimento das necessidades energéticas do edifício, assim como a sua distribuição em função do tempo. Existem outros fatores que entram em consideração quando o dimensionamento deste tipo de sistemas, como a área disponível para instalação dos coletores e acumulador solar e o custo da instalação.

Visto a elevada variabilidade da oferta e consumo de energia, o cálculo completo da taxa de cobertura solar exige uma representação matemática da instalação, por forma a ser possível o estabelecimento de um balanço detalhado. Em determinados sistemas particulares, podem utilizar-se programas que simulam o comportamento do sistema solar e auxiliam o engenheiro no dimensionamento dos componentes da instalação. No entanto, a experiência mostra que é possível reproduzir os resultados destes cálculos de simulação através de métodos de cálculo simplificados.

Hoje em dia, os métodos de cálculo simplificados são muitas vezes a base dos processos de dimensionamento das instalações solares térmicas.

Existem inúmeras publicações oficiais que contêm dados indicativos provenientes da experiência que relacionam as diferentes características do sistema. Os fatores mais comuns são, por exemplo, a relação entre o número de utilizadores do edifício e a superfície de coletores solares, dependendo da taxa de autonomia solar desejada. Também podem ser facilmente encontrados gráficos que relacionam o consumo de AQS e a área de coletores solares ao volume ideal do acumulador de calor. Pode ser consultado em anexo F um exemplo de valores característicos utilizados durante o período de estágio.

Para o dimensionamento da instalação são analisados os resultados obtidos por estes elementos, sendo este dimensionamento otimizado tendo em conta os objetivos definidos e as características do projeto.

3.4.1.1. Estudo comparativo - bomba de calor e caldeira a gás

É de seguida apresentada uma análise comparativa em termos ecológicos e económicos entre as bombas de calor e as caldeiras a gás a condensação, sendo estes dois tipos de tecnologias os mais utilizados nos projetos participados durante o período de estágio.

Emissões de GEE

A utilização de caldeiras tem a desvantagem da utilização de combustíveis fósseis, salvo nos casos de caldeiras a biomassa. Porém, considerando o funcionamento da bomba de calor, nem sempre é possível excluir a utilização de combustíveis fósseis, pois este fator depende do tipo de produção elétrica originária.

Na Suíça, de acordo com o Departamento federal da Energia (OFEN – *Office Federal de l'Énergie*) nas suas estatísticas oficiais, a produção de eletricidade em 2013 foi caracterizada pelos valores apresentados na Tabela 4, sendo que as fontes de energia elétrica mais utilizadas são a energia hidroelétrica em primeiro lugar e a energia nuclear em segundo lugar. No entanto, a energia produzida e a energia consumida não são necessariamente iguais, visto existirem importações e exportações de energia para os países vizinhos.

Tabela 4 : Consumo suíço em 2013

Fonte: OFEN

	Produção Nacional Suíça [GWh]			Total [GWh]
	Hidroelétrica	Nuclear	Térmica e Outras	
2013	39572	24871	3869	68312
% Produção	57,9%	36,4%	5,7%	100%

Não foi possível ter acesso à composição repartida da energia importada, dividida por fonte de energia, consumida na Suíça. O caso de Genebra é, no entanto, específico. De acordo com a Ordem Federal da Energia (OEne), um documento legal publicado pelo Conselho Federal Suíço, os fornecedores de energia elétrica devem informar todos os seus clientes, uma vez por ano, sobre qual a composição e origem das suas fontes de produção elétrica.

Segundo os Serviços Industriais de Genebra (SIG), o único fornecedor de energia elétrica do cantão, apenas 10% da energia elétrica consumida neste cantão provém de fontes não renováveis, mais especificamente do gás natural. Os restantes 90% são compostos por aproximadamente 88% de energia hidroelétrica e 2% proveniente de biomassa, energia solar e recuperação de calor. No cantão de Genebra foi decidida, após votação dos habitantes, a proibição da produção de energia elétrica a partir de fontes nucleares.

Assim, é possível afirmar que, para Genebra, a utilização de bombas de calor é mais ecológica, produzindo menos emissões de gases com efeito de estufa do que a utilização de caldeiras a gás.

Em alguns locais na Suíça, a utilização de bombas de calor tem os mesmos incentivos e vantagens legais que as instalações renováveis. Esta classificação é facilmente explicada tendo em conta os objetivos em termos de produção de eletricidade a partir de fontes renováveis do país.

Análise económica

Mesmo quando tido em conta o apoio dado à instalação de bombas de calor em alguns cantões, uma importante característica apontada na diferenciação destes dois tipos de geração de calor e que acaba, na maior parte das vezes, por definir a escolha do cliente é a diferença no custo do investimento entre as duas tecnologias. A instalação de uma bomba de calor tem um grande peso no orçamento de um projeto de construção.

Através da experiência é possível concluir que, embora o investimento associado à instalação de uma bomba de calor seja mais elevado que o de uma caldeira a gás, o custo total da instalação (considerando a sua exploração e manutenção) acaba por ser, para alguns projetos, ligeiramente inferior.

3.4.2. Equipamentos do Circuito Hidráulico

O dimensionamento dos sistemas de aquecimento passa também pelo dimensionamento dos acessórios que devem estar presentes no circuito hidráulico, por forma a um bom funcionamento da instalação.

Uma das tarefas realizadas durante o estágio foi a conceção e desenho técnico dos esquemas de funcionamento dos sistemas de aquecimento dimensionados, sendo apresentados alguns exemplos no capítulo 5. Neste tipo de esquemas, chamados esquemas de princípio, é apresentado o funcionamento do sistema e estão representados todos ou uma grande parte dos componentes hidráulicos do mesmo.

Nos esquemas de princípio são representados os geradores de calor (caldeiras, bombas de calor, painéis solares), as sondas geotérmicas, os diferentes circuitos de distribuição de calor existentes (diferentes coletores) e os componentes hidráulicos necessários: as bombas de circulação, as diferentes válvulas, os vasos de expansão, os permutadores de calor, os termostatos e sondas de temperatura, os contadores de energia, os filtros, entre outros. A presença de cada elemento é definida segundo as necessidades e características de cada projeto.

São de seguida brevemente descritos os diferentes componentes principais presentes numa instalação de aquecimento e usualmente representados nos esquemas de princípio.

São também apresentadas as bases teóricas e os métodos práticos utilizados durante o período de estágio para o dimensionamento dos diferentes equipamentos.

Como referido anteriormente, existem ferramentas que facilitam o correto dimensionamento dos diferentes componentes das instalações hidráulicas, permitindo ao engenheiro a poupança de algum tempo. Estas ferramentas, muitas vezes sob a forma de programas informáticos, são por vezes fornecidas pelos fabricantes dos materiais. São apresentadas algumas ferramentas utilizadas para o dimensionamento de alguns dos componentes apresentados.

3.4.2.1. Permutadores de Calor

Os permutadores de calor ou permutadores térmicos são aparelhos nos quais o calor é transmitido de um fluido a outro sem que os dois entrem em contacto direto e se misturem.

A maior parte dos permutadores de calor são construídos sob a forma de aparelho a contracorrente, nos quais circulam os dois fluidos separados fisicamente. O fluido portador de calor circula em contracorrente relativamente a um outro fluido distribuidor de calor que circula no circuito secundário.

Estes aparelhos são utilizados quando, por exemplo, existem no sistema partes do circuito hidráulico constituídas por uma mistura de água e glicol (circuito solar térmico ou sondas geotérmicas) que não devem entrar em contacto com os outros fluidos de distribuição de calor da instalação e com determinados aparelhos técnicos. São também utilizados permutadores de calor para fazer a separação entre a água técnica de distribuição de calor e a água potável utilizada como AQS.

Os permutadores de calor permitem ainda uma gestão facilitada das dimensões dos acumuladores de calor, que podem ser alteradas dependendo da potência do permutador e da sua posição no acumulador (interior ou exterior).

3.4.2.2. Acumuladores

Este tipo de equipamento é um reservatório de grandes dimensões que armazena a água quente produzida pela instalação de calor, representando o principal sistema de armazenamento de calor. Nas instalações de aquecimento com pavimento radiante como equipamento emissor de calor, é possível considerar o volume de água contido nas tubagens do pavimento radiante como volume de acumulação.

Este componente é dimensionado tendo em conta as necessidades caloríficas do edifício, as exigências na segurança de abastecimento e o espaço disponível. O acumulador de calor é isolado termicamente de acordo com as normas existentes.

Existem normalmente dois a três tipos de acumuladores numa instalação de aquecimento, dependendo do tipo de sistema: o acumulador de calor para aquecimento, o acumulador de calor para produção de AQS e o acumulador solar.

Deve ser priorizada a estratificação da temperatura no interior do acumulador e, quando existe a utilização de mais do que uma fonte de energia, a ordem de produção de calor. Esta última é definida pela localização das ligações hidráulicas das diferentes fontes, sendo que, quanto mais próximas da base do acumulador estiverem instaladas, mais alta vai ser a sua prioridade de produção. Normalmente, as fontes de recuperação de calor e fontes de calor renováveis têm a prioridade de produção, seguidas dos geradores de calor principais e, finalmente, algum gerador de ponta que possa existir no sistema.

O dimensionamento dos recipientes acumuladores de calor para produção de AQS depende fortemente da avaliação das necessidades e exigências caloríficas do edifício. Os acumuladores podem ser dimensionados para colmatar diferentes períodos de consumo, sendo os mais comuns o período de ponta (de 10 minutos), o período horário e o período diário.

Consoante o tipo de edifício pode ser concluído que a colmatação instantânea das necessidades de ponta através do calor armazenado no acumulador é suficiente, sendo que o gerador de calor terá de produzir calor sempre que a capacidade do acumulador não for suficiente. Ou seja, a potência do gerador deve ser suficiente para, num curto espaço de tempo, produzir a AQS em falta.

Pode no entanto ser considerado que é preferível colmatar as necessidades de calor de uma hora, sem recurso à produção de calor. Apesar de significar um aumento da capacidade de armazenamento do acumulador, esta opção permite ao gerador de calor o máximo de um arranque por hora para produção de AQS. Idem para a acumulação diária.

Dependendo do tipo de projeto, o engenheiro pode optar por utilizar o acumulador para armazenamento da quantidade de AQS necessária para os diferentes períodos mencionados, de acordo com as exigências de cada projeto.

A quantidade de AQS necessária é normalmente tabelada de acordo com o tipo de utilização ou categoria do edifício. Usualmente, para os edifícios de habitação é feito o dimensionamento para as necessidades horárias de AQS.

3.4.2.3. Tubagem

Na maior parte dos casos, para o transporte da água quente, os sistemas de distribuição de calor para aquecimento são constituídos por tubos em aço.

O Diâmetro Nominal (DN) é um valor característico que indica aproximadamente o diâmetro interior de um tubo de distribuição de calor. O DN pode ser definido no sistema métrico ou em polegadas.

É também necessário considerar a Pressão Nominal (PN) do sistema para a qual são dimensionados a tubagem e os diferentes componentes hidráulicos, sendo que esta representa a perda de carga do circuito.

Na Suíça, o valor padrão tido em conta para esta perda de carga era, até alguns anos atrás, de 100 Pa/m. Foi entretanto constatado que uma diminuição da pressão nominal projetada, da qual deriva um aumento das dimensões das tubagens, permite obter elevadas poupanças de energia relativas ao funcionamento das bombas de circulação. Esta alteração não aporta uma grande variação em termos do preço das tubagens. Assim, atualmente as tubagens dos sistemas de aquecimento dos edifícios são dimensionadas para uma perda de carga linear de 50 Pa/m.

Tendo em conta a potência térmica de um determinado sector do sistema de aquecimento, é possível fazer o dimensionamento dos tubos de distribuição de água quente. Através da equação (1) é possível calcular o caudal volúmico necessário.

Para calcular a potência térmica em kW em função do caudal volúmico de água, \dot{V} , expresso em m^3/h , é utilizada a equação (3).

Existem tabelas que relacionam a perda de carga nominal do fluxo de água, o caudal volúmico e a dimensão dos tubos de aço, tendo como base a fórmula de Colebrook:

$$h_{\lambda} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (27)$$

h_{λ} – perda de carga ao longo do comprimento do tubo [mca];

λ – fator de atrito de Darcy-Weisbach;

D - diâmetro interior do tubo [m];

L - comprimento do tubo [m];

v – velocidade no interior do tubo [m/s]

g – aceleração gravítica [m^2/s].

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left[\frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right] \quad (28)$$

ε - rugosidade do tubo;

Re - número de Reynolds.

Através da consulta das tabelas mencionadas, é possível determinar facilmente as dimensões interiores da tubagem nos diferentes sectores de aquecimento.

Para o aquecimento, são utilizadas as tabelas existentes para uma temperatura de distribuição de 40°C. Para a produção de AQS, são consultadas as tabelas a 80°C. Existem ainda tabelas semelhantes para a distribuição de calor a partir da mistura de água com glicol, a partir das quais são dimensionadas as tubagens de distribuição dos sistemas solares térmicos.

Para dimensionamento da tubagem do sistema solar é normalmente considerado um caudal de 50 dm³/m² de coletores, valor apresentado pelos fabricantes suíços.

3.4.2.4. Bombas de circulação

Atualmente, são utilizadas exclusivamente bombas de circulação centrífugas para a circulação forçada da água nas instalações de aquecimento a água quente.

O princípio de funcionamento deste aparelho é conhecido e utilizado pelo ser humano há décadas. Os conhecidos moinhos de água, constituídos por um dispositivo circular montado sobre um eixo, são capazes de aproveitar a energia cinética da passagem da água para produzir trabalho mecânico e, conseqüentemente, gerar eletricidade. As bombas centrífugas são equipamentos que têm o mesmo tipo de componentes que um moinho de água mas que funcionam inversamente: um motor elétrico aciona o rotor que transfere, por sua vez, a energia cinética ao fluido que por ele escoar.

Este tipo de equipamento é utilizado, na área dos sistemas energéticos em edifícios, para bombear fluidos de um local para outro.

As bombas de circulação devem ser dimensionadas de maneira a que o fluido de distribuição seja levado em direção aos elementos emissores de calor com o caudal volúmico necessário, ou seja, por forma a colmatar a perda de carga existente no circuito.

A perda de carga e o caudal volúmico do circuito são os dois parâmetros hidráulicos essenciais para o funcionamento e dimensionamento de uma bomba de circulação. A perda de carga é normalmente exprimida em altura manométrica total H [m] ou em metros de coluna de água [mH_2O] e o caudal em m³/h.

O desempenho das bombas deste género é garantido a partir de curvas de funcionamento que representam a relação, a velocidade de rotação constante, entre a perda de carga e o caudal. A curva característica de uma bomba é determinada por medidas sobre um banco de ensaio e é normalmente fornecida pelos fabricantes da mesma.

As bombas de circulação instaladas num sistema de aquecimento são aparelhos com um elevado desempenho, que podem assegurar um funcionamento contínuo durante aproximadamente 5000h por estação de aquecimento.

Atualmente são escolhidas bombas de circulação a velocidade de rotação variável, o que permite um ajuste da potência às condições instantâneas do circuito. A variação da velocidade

é geralmente efetuada automaticamente, quer em função da hora (por exemplo uma velocidade de rotação menor durante a noite), quer em função da pressão ou do caudal. Este comportamento permite uma redução do ruído consequente e consideráveis economias de energia associadas ao funcionamento destes equipamentos.

Para o dimensionamento das bombas de circulação é necessário, para cada circulador existente nos diferentes circuitos hidráulicos, determinar os valores dos parâmetros fundamentais: o caudal e a pressão.

O caudal é determinado a partir do valor da potência térmica necessária para o aquecimento de cada espaço, sector ou para a totalidade do edifício, tendo em consideração a equação (3), que relaciona as duas grandezas.

Relativamente à perda de carga do circuito, esta deve ter em consideração as diferentes perdas de carga de todos os componentes hidráulicos existentes e a perda de carga devida ao trajeto de distribuição do calor.

Atualmente, considerado o usual sobredimensionamento de alguns componentes hidráulicos, é discutida e estudada na Suíça a correta estimativa da perda de carga total do circuito. Esta discussão tem um grande peso tendo em conta a elevada importância que o correto dimensionamento das bombas de circulação tem quanto ao consumo energético de um sistema de aquecimento. Assim, os usuais limites de segurança tomados pelos engenheiros devem ser reconsiderados e eventualmente reduzidos.

A escolha da bomba é feita a partir de uma análise da sua curva característica de funcionamento, sendo avaliado se esta é adequada às necessidades do sistema. A bomba é escolhida de forma que o seu ponto de funcionamento se encontre na zona de rendimento máximo.

Como referido anteriormente, na prática existem ferramentas que simplificam o dimensionamento de certos equipamentos do circuito hidráulico, sendo essencial um espírito crítico quando aos resultados obtidos.

No caso das bombas de circulação, durante o período de estágio, o procedimento seguido começa pela definição da perda de carga e do caudal volúmico sendo que, através de um programa fornecido para o efeito, é possível escolher a bomba ideal a partir da comparação de diferentes diagramas de funcionamento de uma mesma gama, ou de gamas muito próximas.

Para o cálculo da perda de carga do sistema é tida em conta a perda de carga do trajeto de cada circuito, seja da distância percorrida na tubagem, como das diferentes transformações da mesma (elementos de redução do fluxo, curvaturas, etc), sendo que são considerados 100 Pa/m (50 Pa/m no circuito de ida e 50 Pa/m no circuito de retorno). É também tida em conta a perda de carga devida à existência de diferentes válvulas, aos geradores de calor, permutadores e acumuladores de calor. Estas são normalmente descritas pelos diferentes fabricantes.

3.4.2.5. Vasos de Expansão

O papel de um vaso de expansão nos circuitos hidráulicos é evitar as sobrepressões devidas à dilatação da água, aquando do aumento da sua temperatura, e cobrir as perdas por fugas e pelas purgas de ar. As características de um vaso de expansão são a sua capacidade, em litros, a pressão de prova ou teste, a pressão de serviço padrão e a temperatura de utilização.

Nas instalações de aquecimento modernas, os vasos de expansão sob pressão são os mais utilizados, tendo sido considerados como padrão devido à sua simplicidade. Estes são compostos por uma envolvente de aço munida de uma membrana sintética interior, que separa a água de um gás com azoto, com pressão igual à pressão estática da instalação (pressão de enchimento). Assim que a temperatura e, conseqüentemente, a pressão do sistema de aquecimento aumentam, a membrana curva-se e comprime a almofada de azoto. O gás não entra em contacto com a água quente do aquecimento.

O dimensionamento de um vaso de expansão depende de diferentes fatores característicos do circuito onde este é instalado, tais como a temperatura máxima de distribuição, a pressão nominal, o conteúdo total em água e a altura estática entre o vaso e o ponto mais alto do circuito.

Tabela 5 : Coeficiente de dilatação da água.Fonte: *Aide-Mémoire Génie Climatique*

Temp. máxima [°C]	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Coef. de dilatação	0,0018	0,0044	0,0079	0,0121	0,0171	0,0228	0,0296	0,0359	0,0435

O aumento do volume de água no circuito hidráulico depende da temperatura máxima de serviço e do coeficiente de dilatação da água a essa temperatura, sendo:

$$Vd = cd \cdot Vi \quad (29)$$

Vd - volume de dilatação [l];
cd - coeficiente de dilatação;
Vi - volume da instalação [l].

Alguns coeficientes de dilatação podem ser consultados na Tabela 5.

O volume da instalação deve ser calculado tendo em conta a tubagem existente, os possíveis acumuladores existentes, o sistema de emissão de calor e os geradores de calor.

Aquando do dimensionamento e montagem de um vaso de expansão sob pressão, deve ser contabilizado o mais longo circuito hidráulico abrangido por este equipamento, por forma a garantir a segurança no funcionamento de toda a instalação.

Durante o período de estágio, os vasos de expansão foram dimensionados a partir de um programa do fabricante, que apresenta automaticamente os modelos propostos tendo em conta as características da instalação. São definidos o conteúdo em água do sistema, as temperaturas de funcionamento, a altura estática (distância existente do ponto mais alto do circuito ao ponto onde é instalado o vaso de expansão) e a potência térmica da instalação.

3.4.2.6. Válvulas

São de seguida descritos os tipos de válvulas utilizadas durante o período de estágio, sendo estas essenciais para o bom funcionamento da instalação de aquecimento.

Válvulas borboleta: As válvulas borboleta são destinadas a funcionar em “tudo ou nada” (abertas ou fechadas a 100%), não sendo por isso adequadas para uma regulação progressiva. São normalmente instaladas por questões de segurança ou manutenção, ou seja, quando se tem de isolar uma parte do sistema hidráulico para reparação do mesmo ou de algum componente hidráulico.

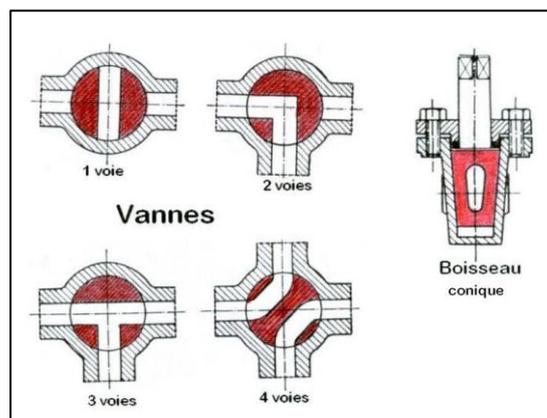


Figura 5 : Diferentes tipos de válvulas *de esfera*.
 Fonte: *Wikimedia Commons*

Válvulas de esfera: Este tipo de válvulas pode ser utilizado para regulação ou separação de diferentes circuitos hidráulicos. As válvulas de esfera são principalmente utilizadas para a regulação da temperatura da água ou, consoante a sua posição no circuito, para regulação do caudal. Estas válvulas são normalmente motorizadas. A Figura 5 apresenta diferentes tipos de válvulas *de esfera*, sendo a mais utilizada a válvula três vias (V3V).

O controlo da temperatura de ida do fluido de distribuição de calor pode ser feito através da mistura do mesmo com o fluido de retorno, através da existência de um *bypass* na tubagem. Esta função é realizada por uma V3V, sendo representada na Figura 6. A mistura é doseada em função das necessidades de aquecimento dos espaços.

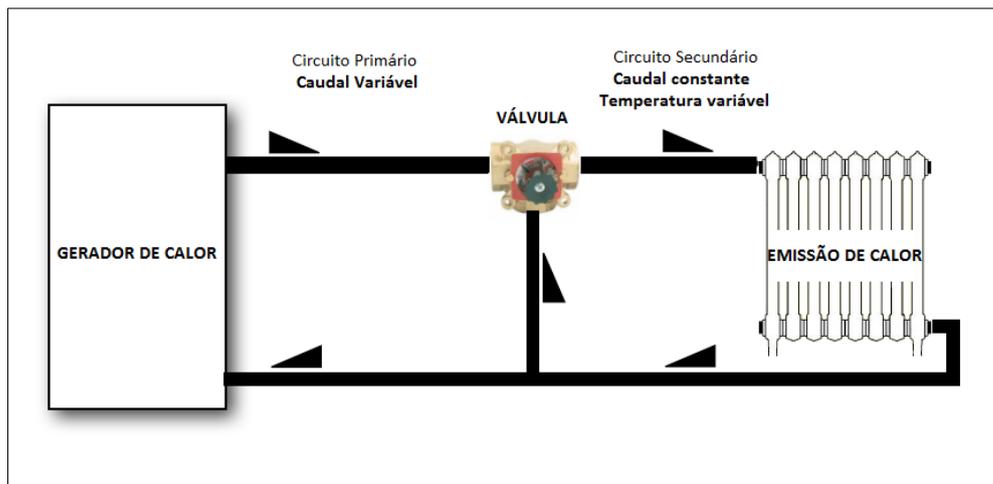


Figura 6 : Esquema de uma montagem em mistura, com uma V3V.

Fonte: 20.27 Plomberie

Por outro lado, este tipo de válvulas é também utilizado para a divisão do circuito hidráulico em diferentes funções de aquecimento distintas, consoante as condições definidas. Por exemplo, o circuito que liga uma instalação solar térmica ao acumulador de água quente sanitária pode, quando as necessidades de AQS estão satisfeitas, contribuir para o aquecimento do edifício, passando a circulação para os circuitos de aquecimento do mesmo. Esta transição pode então ser regulada por uma V3V que permite ao fluido de distribuição duas opções de passagem.

Relativamente ao dimensionamento das válvulas apresentadas, as válvulas borboleta são apenas dependentes da dimensão dos tubos de aquecimento. Quanto ao dimensionamento das V3V é necessário ter em conta dois parâmetros importantes: a sua perda de carga e o coeficiente da válvula (K_v), dois valores característicos da mesma.

Para o correto dimensionamento desta válvula, a potência máxima da instalação, ou de uma parte da instalação, deve ser obtida apenas no momento em que a válvula estiver completamente aberta. Por outro lado, a perda de carga da válvula deve ser próxima da perda de carga do circuito a caudal variável, por forma a ser possível à válvula regular facilmente o caudal do circuito. Assim é necessário calcular a perda de carga do circuito hidráulico, tendo em consideração o seu comprimento e todos os equipamentos existentes no mesmo.

Normalmente, os fabricantes preferem defender que é necessário considerar uma perda de carga um pouco superior de modo a assegurar uma maior segurança quanto ao bom funcionamento da válvula. No entanto, considerando a questão relativa ao sobredimensionamento das bombas de circulação abordada anteriormente, começa hoje em dia a ser exigida uma diminuição dos usuais limites de segurança definidos, por forma a aproximar-se cada vez mais de um sistema corretamente dimensionado.

No caso da utilização de uma V3V para a seleção de um de dois circuitos hidráulicos, consoante as necessidades existentes em determinadas condições. Neste caso, visto não ser necessária a regulação do caudal, uma perda de carga ideal é dispensável.

O Kv de uma válvula corresponde ao seu caudal quando completamente aberta e quando a diferença de pressão a montante e jusante da mesma é de 1 bar. É um valor característico da válvula, fornecido pelo fabricante da mesma.

Quando é conhecido o caudal, e para uma determinada perda de carga, é possível determinar o Kv:

$$\dot{V} = Kv \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_v}{\rho}} \quad (30)$$

ρ – massa volúmica ou densidade do líquido [kg/m³],
 ΔP_v - perda de carga [bar].

Na prática, o dimensionamento deste componente pode ser auxiliado por uma ferramenta, correntemente fornecida pelos fabricantes, semelhante a uma régua ajustável, que relaciona a diferença de temperatura, a potência térmica, o caudal e a perda de carga com o valor de Kv, facilitando a escolha do modelo de válvula. Podem ser consultados alguns exemplos deste tipo de ferramenta no anexo G.

3.4.3. Equipamentos emissores de calor

Os elementos aquecedores são unidades emissoras de calor que fazem a difusão do calor produzido aos espaços interiores.

O tipo de componentes emissores de calor mais utilizados na Suíça são os radiadores e o pavimento radiante. Normalmente os radiadores são uma tecnologia utilizada nas construções mais antigas e nalgumas renovações, sendo o pavimento radiante a escolha mais habitual em novas construções.

Um radiador é um equipamento que permite a troca de calor entre o fluido de distribuição e o ar ambiente do espaço a ser aquecido, por radiação e convecção. As proporções de emissão de calor por radiação e por convecção dependem da forma do elemento aquecedor.

Este tipo de equipamento é constituído por um material com uma elevada condutividade térmica, existindo uma grande superfície de contacto entre os dois sistemas (elemento de aquecimento e espaço interior) por forma a otimizar a transferência de energia entre eles. Normalmente são privilegiados materiais que permitam ao radiador ter uma elevada inércia térmica, permitindo que o aquecimento (e posterior arrefecimento dos espaços aquando da paragem do gerador de calor) seja feito de forma gradual e mais confortável.

O pavimento ou piso radiante é um sistema de emissão de calor instalado no pavimento de um espaço. Este é constituído por uma rede de tubagens por onde é feita a distribuição da água quente, permitindo a transferência desse mesmo calor, por radiação, ao espaço.

Atualmente, apesar do menor custo da instalação de sistemas de emissão a radiadores, os sistemas de piso radiante são os preferidos aquando a escolha do equipamento de emissão de novas construções.

O piso radiante é a melhor solução em caso de geração de calor por bombas de calor, devido à necessidade de temperaturas da água de aquecimento mais baixas. É também mais fácil atingir uma temperatura ambiente uniforme com este tipo de instalações.

O nível de conforto para o utilizador, argumento muito utilizado na defesa deste tipo de sistema, é ligeiramente superior sendo, no entanto, muito lenta a regulação do sistema da parte do utilizador visto a grande inércia do mesmo.

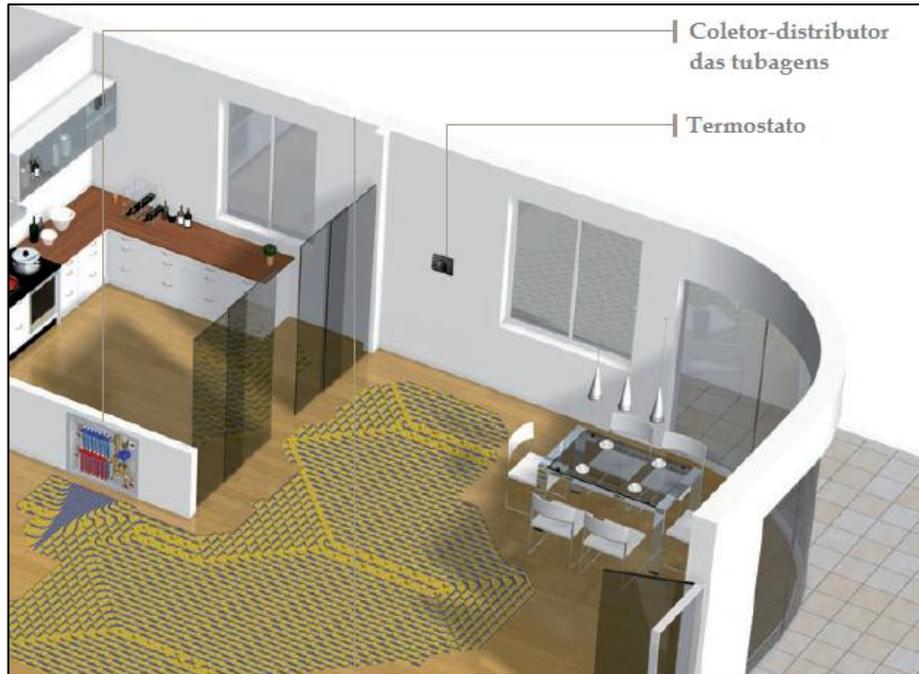


Figura 7: Representação de um sistema de pavimento radiante
Fonte: Catálogo RDZ 2011

Por outro lado, no caso do aspeto estético ser um fator importante para o cliente, o sistema de emissão através do piso radiante é invisível e não ocupa espaço nas áreas aquecidas.

Este sistema é também benéfico do ponto de vista da sua elevada inércia térmica, superior à atingida pelo sistema de radiadores, e do seu conseqüente poder de acumulação de calor, que permite uma maior autonomia do sistema em caso de interrupção da produção. Por outro lado, a superior inércia térmica oferece a possibilidade de um melhor equilíbrio da emissão de calor produzida por bombas de calor durante as horas de vazio, mais interessante em termos de tarifas elétricas.

Outra das grandes vantagens do pavimento radiante relativamente ao uso de radiadores é a possibilidade do aumento do nível de conforto durante o verão, através da passagem de água fria no circuito.

Durante o estágio apenas foram dimensionados os elementos emissivos do tipo pavimento radiante. Para o dimensionamento deste componente é tido em consideração um comprimento máximo de 100 m por circuito (por forma a minimizar a perda de carga do sistema) e, dependendo do tipo de divisão, uma distância máxima entre tubos de 15 ou 20 cm (casas-de-banho ou outros, respetivamente).

Assim, através da divisão da área de uma divisão pelo comprimento máximo de cada circuito e pela distância entre tubos, é possível calcular quantos circuitos de aquecimento são necessários.

O gerador de calor é regulado através da temperatura exterior, medida através de uma sonda de temperatura. Para a regulação de um sistema de pavimento radiante podem ser instaladas sondas de temperatura nas divisões aquecidas, que controlam o funcionamento de motores instalados em cada circuito de aquecimento. Normalmente nas casas de banho não são instalados estes elementos, por forma a manter um caudal mínimo de água quente, mesmo durante o verão, por uma questão de conforto do utilizador.

Durante o estágio foi ainda possível trabalhar com um aparelho de emissão de calor e frio do tipo ventilador-convetor. Este aparelho é constituído por uma caixa metálica que representa o terminal do circuito, nesta são introduzidas as tubagens de aquecimento e arrefecimento e as condutas de insuflação do sistema de ventilação.

O espaço é aquecido através da insuflação de ar novo, que é aquecido ou arrefecido através do fluido de distribuição de quente ou frio, respetivamente. Assim este aparelho permite a emissão ora de frio, ora de calor, consoante as necessidades do local ou dos seus ocupantes.

Este tipo de aparelho de dupla emissão não é normalmente utilizado nos edifícios de habitação, uma vez que é um equipamento mais dispendioso. Por outro lado, os tipos de emissão de calor através do pavimento são, normalmente, mais confortáveis para o utilizador que os sistemas instalados no teto, devido ao sentido de circulação natural do ar, criada pelas diferenças de temperatura sentidas no espaço aquecido.

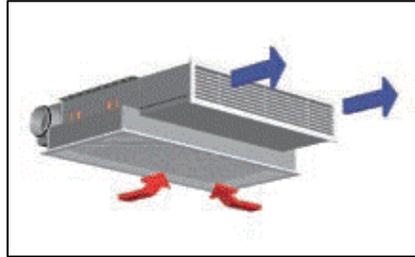


Figura 8 : Aparelho ventilo-convetor.
Fonte: XPair

4. Sistemas de Ventilação

O papel de um sistema de ventilação é assegurar e manter uma boa qualidade do ar no interior dos edifícios, através do necessário fornecimento de ar novo. É possível efetuar este controlo através da manutenção de diferentes parâmetros interiores de conforto, como a temperatura, humidade e pureza do ar através de um sistema de ventilação.

Nos edifícios de habitação são normalmente instalados sistemas de ventilação simples, podendo esta ser natural ou mecânica. No caso de edifícios com necessidades mais exigentes, como hospitais ou indústria, é imperativa a instalação de sistemas mais complexos e completamente automáticos, permitindo a manutenção das condições desejadas em todas as circunstâncias possíveis.

O tipo de sistema de ventilação a instalar num edifício depende do tipo de edifício e do nível de atividade praticada no mesmo, sendo que existem ainda, na legislação Suíça, mínimos a serem respeitados obrigatoriamente.

Neste capítulo são, numa primeira fase, apresentados os tipos de ventilação existentes e as suas características.

É de seguida apresentado o método de dimensionamento utilizado para estimar as necessidades de ventilação de um edifício, assim como algumas das principais exigências legais suíças associadas a este dimensionamento.

Por fim, são apresentados os principais componentes de uma instalação de ventilação, assim como as suas características funcionais e dimensionamento.

4.1. Tipos de sistemas

Neste subcapítulo são descritos os diferentes tipos de sistemas existentes. Estes são adequados a diferentes aplicações e permitem assegurar uma qualidade constante do ar no interior dos locais tratados.

São de seguida descritos os dois tipos de ventilação existentes: a ventilação natural e a ventilação mecânica. Estes dois tipos de sistemas têm como principal diferença o facto de que na ventilação natural não existe consumo de energia elétrica para promoção do movimento do ar, enquanto nos sistemas mecânicos, tal como o nome indica, são utilizados ventiladores mecânicos.

A ventilação mecânica é subdividida em dois tipos de instalação: a ventilação com extração mecânica e insuflação natural e a ventilação com insuflação e extração mecânicas (podendo ainda existir recuperação de calor).

Independentemente do tipo de ventilação escolhido, aquando do estudo do balanço energético de um edifício, é imperativo ter em atenção os ganhos ou perdas caloríficas associadas a esta renovação de ar.

Ventilação Natural

Aquando a escolha de um sistema de ventilação natural devem ser tidas em conta a qualidade do ar exterior, as características exigidas ao ar interior, o nível de ruído existente no exterior e a geometria do edifício ou dos locais a ventilar.

Um sistema de ventilação natural é caracterizado pela permeabilidade ao ar dos elementos construtivos presentes no edifício, pela abertura de vãos envidraçados (manual ou automaticamente) ou pela existência de aberturas pré-definidas nas fachadas do edifício. Aos fatores referidos é associado o efeito de chaminé de uma conduta vertical, acionado em parte pelo efeito do vento, em parte pelo movimento ascendente do ar mais quente, devido à variação da sua massa volúmica.

É possível a integração de um dispositivo, a grelha de exaustão, que consiste numa abertura na cobertura, que promove e incita o movimento vertical do ar.

Nos projetos de edifícios onde é previsto um sistema de ventilação natural é normalmente realizada uma combinação das possibilidades referidas, apresentadas em maior detalhe de seguida.

a) Ventilação através da permeabilidade ao ar

Este tipo de ventilação, devida à infiltração de ar no local através dos elementos construtivos que não são completamente herméticos, está aliado a uma maior dificuldade de controlo do sistema que pode resultar numa insuficiente ou excessiva renovação do ar.

b) Abertura de vãos envidraçados

A abertura manual de vãos envidraçados é uma função que depende do comportamento dos utilizadores. Em variados edifícios, a associação da abertura manual de janelas à infiltração de ar, referida no ponto anterior, é considerada suficiente para a manutenção do ambiente interior a condições de conforto aceitáveis.

É também possível a integração de sistemas automatizados que permitem a abertura dos vãos envidraçados, independentemente do comportamento dos utilizadores e em momentos pré-definidos, que possam ser considerados como vantajosos.

c) Ventilação por conduta vertical

A partir da existência de uma conduta vertical que liga o local a ventilar ao exterior e de aberturas para entrada de ar novo, é possível realizar uma importante renovação do ar, em determinadas condições de temperatura (suficiente diferença entre o exterior e o interior).

d) *Dispositivo na cobertura*

É possível melhorar a ventilação por conduta vertical através da instalação de grelhas de exaustão ativadas pelo vento. Estes dispositivos são instalados na cobertura, sobre as condutas verticais de extração de ar.

As grelhas de exaustão promovem uma depressão, aquando da existência de vento, que faz com que o movimento ascensional do ar na conduta aumente. A sua utilização é limitada à existência de vento, não sendo por isso eficazes em determinados locais e circunstâncias.

Durante o período de estágio não foram dimensionados sistemas de ventilação natural. Apesar destes poderem constituir uma opção viável, aquando da sua correta integração no edifício, e uma solução mais económica quando comparada com os sistemas de ventilação mecânica, facilmente pode ser constatado que a grande dificuldade consiste no controlo do funcionamento do sistema e, conseqüentemente, do caudal de ar renovado.

Ventilação Mecânica – Fluxo Simples e Duplo

O termo ventilação mecânica designa os sistemas nos quais os movimentos de renovação do ar são provocados mecanicamente por ventiladores. Neste tipo de sistemas pode existir apenas extração controlada mecanicamente – *ventilação mecânica de fluxo simples* – ou tanto extração como insuflação ativadas por ventiladores – *ventilação mecânica de fluxo duplo*.

A **ventilação mecânica simples** baseia-se então na extração de ar dos locais para o exterior através do funcionamento de ventiladores mecânicos, situados nas divisões originadoras de humidade, odores ou poluição, normalmente casas de banho e cozinhas. Este fator leva à ocorrência de pressões negativas nas divisões principais (salas, quartos). Nestas divisões, a introdução de um volume adequado de ar novo é permitida através de entradas de ar pré-definidas, estrategicamente posicionadas nas fachadas, normalmente sob a forma de grelhas integradas nos vãos envidraçados ou portas. Na Figura 9 é representado este princípio.

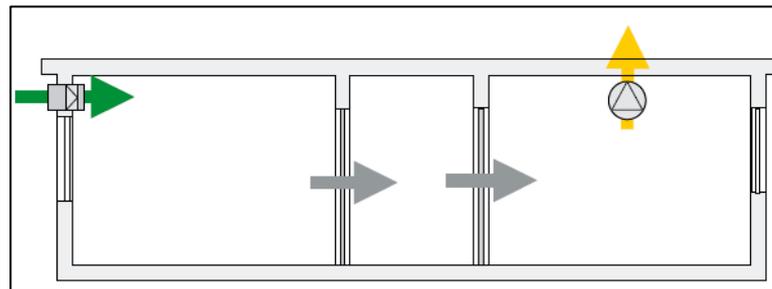


Figura 9: Representação esquemática de uma instalação de Fluxo Simples.

Fonte: Minergie

Normalmente é utilizado o princípio de ventilação em cascata – o ar novo entra nos locais, passa pelas zonas de trânsito e é extraído nas divisões ditas “húmidas”, as casas de banho e cozinhas. Este tipo de ventilação deve funcionar bem com as portas fechadas, sendo por isso essencial que as portas não sejam totalmente impermeáveis à passagem de ar.

Este tipo de sistema promove importantes perdas térmicas associadas à extração de ar aquecido e entrada direta de ar novo não aquecido nas peças, sendo que este último fator pode provocar uma forte sensação de desconforto aos utilizadores. Assim, as necessidades de aquecimento são amplificadas, sendo muitas vezes indispensável o aumento da potência térmica instalada.

O calor existente no ar extraído dos locais pode ser reutilizado através da utilização deste ar como fonte de calor ambiente por parte de uma bomba de calor. Este tipo de recuperação pode ser adequado se for planeado aquando da conceção energética do sistema. Este é, no entanto, um tipo de aplicação que se pode tornar mais complicada, principalmente em termos económicos, se for necessário instalar uma bomba de calor extraordinária, que represente uma potência térmica já instalada.

Por outro lado, este tipo de recuperação envolve a canalização do ar até ao local onde se encontra a bomba de calor, o que significa o aumento da rede de condutas, cuja simplicidade e dimensão reduzida é uma das grandes vantagens apontada aos sistemas de ventilação simples.

Uma **instalação de fluxo duplo** com recuperação de calor insufla o ar novo, após o mesmo passar por um permutador de calor, às divisões do edifício. Durante o Inverno, este permutador permite a transferência de uma parte do calor do ar extraído para o ar novo, com o objetivo de o pré-aquecer. Contrariamente, durante o verão, quando o ar exterior está mais quente que o ar interior, o calor é transferido para o ar extraído aquando a sua passagem pelo permutador, conduzindo a que o ar insuflado se encontre a uma temperatura ligeiramente mais baixa.

Devido à possibilidade de uma elevada precisão no controlo dos diferentes caudais de ar envolvidos, este tipo de instalação permite facilmente a manutenção de depressões e subpressões no interior das zonas tratadas.

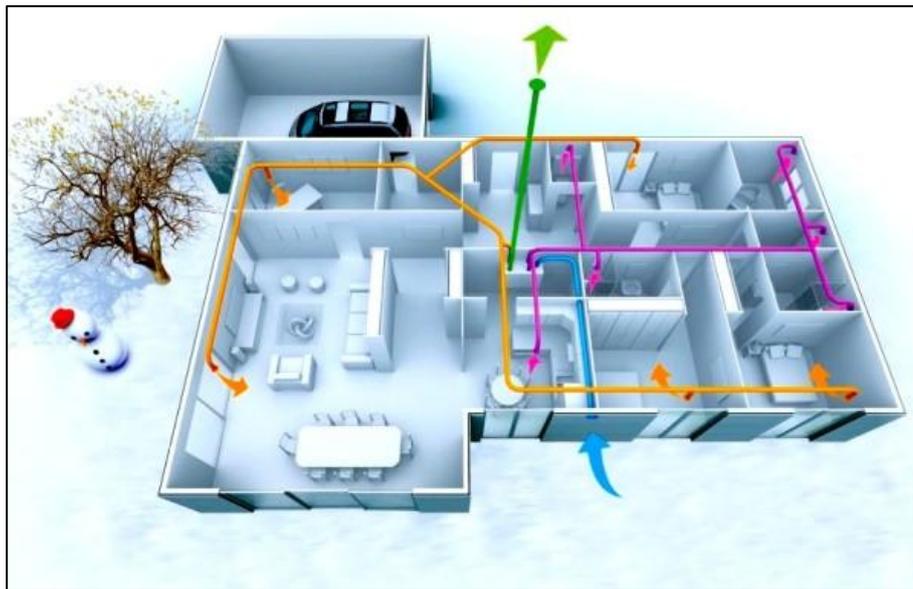


Figura 10: Representação dos fluxos de ar de uma instalação de fluxo duplo.
Fonte: Mon-elec

Na Figura 10 são representados os diferentes fluxos de ar de uma instalação de fluxo duplo de uma habitação individual: ar novo, ar rejeitado, ar extraído e ar insuflado.

Vantagens e Desvantagens Fluxo Simples/Duplo

A instalação de ventilação de fluxo simples é utilizada nos edifícios de habitação pela sua simplicidade e baixo custo, relativamente aos sistemas de fluxo duplo. As necessidades de manutenção de um sistema de extração simples são menos exigentes e o seu consumo elétrico é reduzido quando comparados os dois tipos de instalação.

Por outro lado, o consumo energético para o aquecimento é superior no sistema de fluxo simples, vistas as perdas térmicas associadas à renovação do ar. Este tipo de instalação tem também a desvantagem do conforto térmico dos utilizadores ser comprometido pontualmente em período de aquecimento, devido às correntes de ar existentes nas proximidades das entradas de ar novo.

Finalmente, nos sistemas de ventilação de fluxo simples, o conforto olfativo e sonoro é dificilmente controlável, sendo essencial uma correta projeção relativamente ao posicionamento das entradas de ar. Contrariamente, nas instalações de fluxo duplo com recuperação de calor, o consumo energético para o aquecimento é reduzido, o conforto térmico dos utilizadores é melhorado e as entradas de ar não controladas são eliminadas, pelo que é protegido ao máximo o conforto olfativo e sonoro dos utilizadores relativamente ao exterior.

As desvantagens dos sistemas a fluxo duplo baseiam-se no maior espaço técnico necessário para distribuição das condutas, aumento dos custos económicos, consumo elétrico e necessidades de manutenção.

Assim, um sistema composto por uma instalação de fluxo duplo com recuperação de calor oferece um nível superior de conforto aos utilizadores, tornando-se uma alternativa frequentemente escolhida, apesar de ser um sistema com um investimento mais elevado.

Por outro lado, os sistemas de fluxo simples constituem uma melhoria relativamente aos edifícios renovados sem sistema de ventilação, sendo mais facilmente instalados devido à menor necessidade de espaços técnicos.

4.2. Dimensionamento Sistemas de Ventilação Mecânica

Para o dimensionamento de uma instalação de ventilação mecânica é necessário ter em mente uma renovação mínima do ar interior que permita manter uma elevada qualidade do mesmo nos espaços.

Normalmente são tidos em conta valores mínimos típicos, dependentes do tipo e características das diferentes divisões, ou seja, do nível de atividade dos ocupantes, das fontes de humidade e poluição do ar e das dimensões dos espaços.

Durante o período de estágio foram utilizados, como base para o dimensionamento, os valores contidos na norma SIA 382/1 e no caderno técnico 2024 (exemplo no anexo A), que definem variados valores típicos de caudais de ar, dependendo do tipo de edifício ou divisão.

A norma SIA 382/1 fixa critérios para o dimensionamento em termos de caudais de ar novo mínimos por pessoa. São apresentados na Tabela 6 e Tabela 7 os valores mínimos definidos por esta norma.

Tabela 6: Caudais mínimos de ar novo insuflado.

Fonte: Norma SIA 382/1

Divisão	Caudal de ar novo em m ³ /h por pessoa	
	Dia	Noite
Sala, quarto	30	15
Quarto de hotel	36	18
Quarto com várias camas (hospital, lar)	36	24

Tabela 7: Caudais mínimos de ar extraído.

Fonte: Norma SIA 382/1

Divisão	Caudal de ar extraído, funcionamento contínuo [m ³ /h] (min 12h/dia)	Caudal de ar extraído, funcionamento segundo as necessidades [m ³ /h]
Cozinha	40	150
Casa de banho, duche/banheira	40	50
Casa de banho, sem duche/banheira	20	50

Ao somar os valores dos caudais necessários a fornecer em cada peça e comparando este valor à adição dos caudais necessários a extrair nas peças respetivas, é utilizado o valor mais elevado para dimensionar a instalação.

Os valores apresentados podem ser adaptados a cada caso, sendo que devem ser mantidos em mente os valores mínimos aconselhados.

É possível fazer uma regulação da ventilação mecânica dependendo das exigências do projeto, relativas a diferentes fatores como a qualidade do ar, a humidade relativa ou o horário de ocupação dos espaços.

Segundo a Lei da Energia suíça, a recuperação do calor contido no ar extraído dos locais é obrigatória se o caudal extraído for igual ou superior a 1000 m³/h e a instalação funcionar mais do que 500 h por ano.

4.3. Componentes do sistema

Neste capítulo são apresentados sucintamente os principais componentes constituintes de uma instalação de ventilação.

No caso de uma instalação de fluxo duplo, esta é usualmente composta por um equipamento que reúne todos os acessórios necessários ao bom funcionamento da instalação, descritos ao longo deste capítulo. Este tipo de equipamento é chamado unidade de tratamento de ar (UTA).

Uma UTA é normalmente composta por um recuperador de calor, filtros, ventiladores e possivelmente outros acessórios, dependendo das funções ou características desejadas.

Quando os diferentes locais têm diferentes necessidades em termos de qualidade do ar, devem ser instaladas diferentes UTA para cada uma das zonas, visto que cada UTA permite a distribuição de ar com características físicas idênticas, como a temperatura e humidade, a todos os locais abrangidos pela instalação.



Figura 11 : Unidade de tratamento de ar.
Fontes: AK Ventilation e Instalaciones y eficiencia energética

São de seguida descritos os diferentes componentes incluídos na UTA, ou instalados na rede de condutas, que permitem o bom funcionamento de uma instalação de ventilação.

4.3.1. Conduitas de distribuição

A distribuição do ar é feita através de um circuito de conduitas, normalmente de chapa de aço ou alumínio, retangulares e/ou circulares, compostas por diferentes peças. Neste circuito de conduitas são instalados outros componentes como os reguladores de caudal, os filtros e os dispositivos terminais (grelhas difusoras e válvulas de extração), que são apresentados mais à frente neste capítulo.

As conduitas de distribuição representam uma parte essencial da instalação de ventilação do ponto de vista dos custos associados e da sua implementação, visto serem um dos componentes técnicos que ocupa uma importante área dos locais e passagens técnicas existentes no projeto.

Por vezes, a limpeza de alguns setores estratégicos dos circuitos de conduitas de ventilação é essencial, sendo imperativa a previsão e existência de acesso aos mesmos.

As características procuradas para uma boa qualidade das conduitas são uma baixa condutividade térmica e alta resistência à combustão do material, uma forte resistência à corrosão, uma baixa transmissão acústica e materiais ligeiros. As conduitas devem ser lisas no seu interior, de modo a limitar ao máximo as perdas de carga e os riscos de acumulação de poeiras e outras partículas. Deve ser tido cuidado aquando das ligações entre peças no sentido da manutenção de uma boa impermeabilidade. Finalmente, o circuito de conduitas de ventilação deve respeitar as exigências e regras relativas à segurança contra incêndios.

O dimensionamento das conduitas é feito tendo em conta o caudal volúmico que a atravessa, a secção definida pela forma da conduta, sendo que existem dimensões padrão, e a velocidade de escoamento do ar.

A norma SIA 382/1 define as velocidades máximas de escoamento do ar nas conduitas tendo em conta o caudal, apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8: Velocidades de escoamento de acordo com o caudal de ar existente.
Fonte: Norma SIA 382/1

Caudal	Velocidade máxima do escoamento
Até 1'000 m ³ /h	3 m/s
Até 2'000 m ³ /h	4 m/s
Até 4'000 m ³ /h	5 m/s
Até 10'000 m ³ /h	6 m/s
Mais de 10'000 m ³ /h	7 m/s

4.3.2. Ventiladores

Um ventilador é uma turbomáquina de propulsão do ar, que é ativada por um motor. Tal como numa bomba de circulação, cujo funcionamento é explicado no capítulo 3.4.2.4, o papel de um ventilador é conduzir o fluido, neste caso o ar, de um local a outro. Este transporte é efetuado pela transferência de energia ao fluido através da ação mecânica de um rotor.

Existem variados tipos de ventiladores, sendo os mais comuns, os ventiladores centrífugos e helicoidais. Estes diferem relativamente à sua forma, sendo que a sua utilização depende das exigências específicas de cada instalação.

Existem variados critérios de seleção de um ventilador como o caudal de ar, a pressão total do circuito e o rendimento. Para além destes fatores que influenciam o funcionamento do ventilador, é necessário ter em conta os custos do investimento, exploração e manutenção, o nível de pressão acústica desejado, as dimensões do ventilador, a sua integração no sistema e a sua fiabilidade.

O comportamento dos ventiladores é representado por curvas que relacionam as suas perdas de carga totais em função dos caudais de ar, chamadas curvas características. Para um

determinado ventilador existe, para uma determinada velocidade de rotação, uma curva característica determinada experimentalmente.

A curva característica da instalação, tendo em conta as perdas de carga existentes no circuito de condutas, representa a resistência do sistema que deve ser superada pelo ventilador.

O ponto de funcionamento do ventilador situa-se no ponto de interseção entre a curva característica do mesmo e a curva característica da instalação, para uma determinada velocidade de rotação.

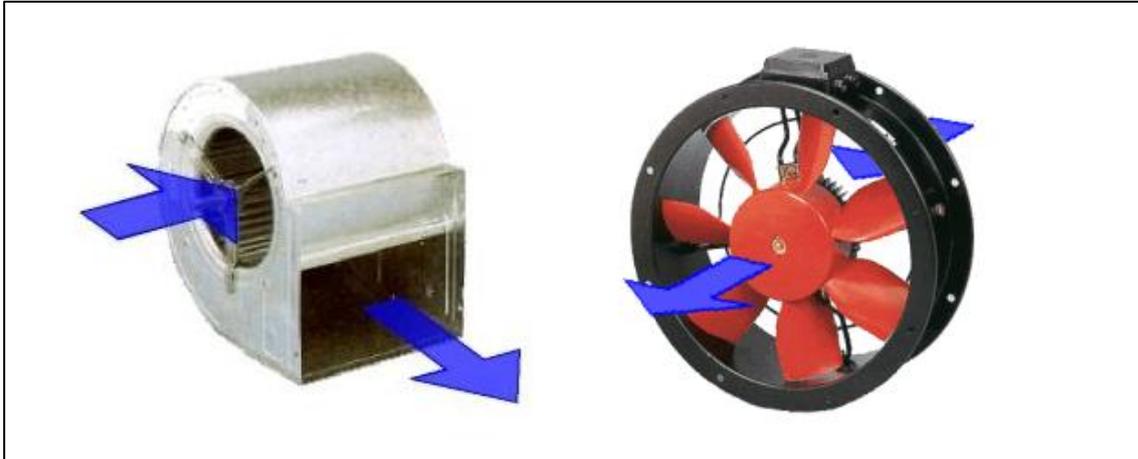


Figura 12: Ventilador centrífugo e ventilador helicoidal.
Fonte: Energie Plus

Tendo em conta um escoamento teórico sem perdas, a curva característica teórica caudal-pressão seria linear no diagrama pressão-volume, ou seja, a pressão total do ventilador variaria linearmente com o caudal de ar. Na realidade, estas curvas não são exatamente lineares pois as diferentes perdas de carga do sistema têm uma grande influência.

Para o cálculo da perda de carga do circuito de condutas, que influencia a escolha do ventilador, é necessário ter em conta as perdas de carga singulares, $\Delta p_{\text{singulares}}$, provenientes da existência de mudanças de direção ou transformações nas condutas, e as perdas de carga lineares, $\Delta p_{\text{lineares}}$, devido às secções retilíneas do circuito.

Para além dos dois tipos de perdas de carga referidos, devem ser consideradas as perdas de carga associadas aos diferentes equipamentos instalados no circuito.

Na prática, o cálculo específico das perdas de carga do sistema é feito apenas em fases avançadas do projeto. Nas fases iniciais este não é um fator essencial na escolha do aparelho. O dimensionamento do ventilador é usualmente feito para uma perda de carga padrão do circuito de 300 Pa.

Os fabricantes fornecem a documentação necessária à escolha e garantem o bom funcionamento do ventilador para uma determinada velocidade de rotação máxima.

Aquando da instalação de ventiladores são normalmente previstas velocidades de insuflação reduzidas, levando a uma otimização do escoamento, o que permite a redução do ruído produzido e a economia de energia.

4.3.3. Regulação do caudal

Outro dos componentes que tem uma grande importância nas instalações de ventilação são os reguladores de caudal, que permitem o controlo do caudal de ar transportado ou retirado de diferentes zonas do edifício, assegurando uma boa repartição do mesmo nas diferentes zonas.

Os reguladores de caudal são escolhidos tendo em conta o caudal de ar, a dimensão das condutas onde estes são instalados, a sua perda de carga e o nível sonoro associado.

Na Figura 13 está representado um regulador de caudal circular.



Figura 13: Regulador de Caudal.
Fonte : Maison Energie

4.3.4. Filtragem e Amortização Sonora

Os filtros são os dispositivos que servem, como o nome indica, para a filtração e isolamento das impurezas existentes no ar, garantindo a sua qualidade.

A captação das impurezas no filtro é feita através de diferentes efeitos físicos, sendo que a escolha do tipo de filtro depende do seu modo de funcionamento e exigências do projeto.

Por outro lado, a questão da pressão sonora é essencial nas instalações de tratamento de ar, sendo que o nível de exigência associada a este fator depende do projeto em questão.

Os ruídos existentes num sistema de ventilação provêm do funcionamento dos ventiladores e são propagados pelas condutas de ventilação. Para além disso, visto as condutas ligarem diferentes locais, são também propagados os ruídos provenientes de locais anexos.

Deve ser dada prioridade à escolha de ventiladores e motores associados silenciosos. No caso de não ser possível, ou em casos específicos em que as exigências a nível sonoro são elevadas, são necessárias medidas alternativas de isolamento acústico.

A instalação de dispositivos de redução da potência sonora nas condutas de ventilação, chamados atenuadores acústicos, permite a redução dos ruídos descritos anteriormente, aumentando o conforto acústico.

4.3.5. Dispositivos de extração e insuflação

O ar é insuflado nos locais através de difusores, dispositivos instalados nos terminais das condutas de distribuição.

As características a ter em conta na escolha de um difusor são:

- O caudal de ar e dimensão das condutas de distribuição, que influenciam o tamanho e número de difusores a instalar;
- A direção da insuflação, escolhida em função da forma do local, do número de difusores e das possíveis exigências específicas do projeto;
- O alcance do difusor, sendo que o alcance máximo e mínimo são uma informação normalmente fornecida pelo fabricante;
- A perda de carga associada ao dispositivo, fornecida pelo fabricante e normalmente proporcional ao caudal de ar;
- O nível de pressão sonora associado.

A implementação dos difusores e o tipo de distribuição do ar têm um importante impacto na correta ventilação dos espaços. Existem variadas opções que dependem do projeto, forma dos espaços e exigências.

Usualmente a distribuição do ar pode ser realizada horizontal ou verticalmente.

A distribuição horizontal (paralela ao teto) é normalmente preferível devido à uniformidade criada na distribuição do ar na ausência de correntes de ar. Para além disso, previamente ao contacto do ar insuflado com os utilizadores, existe uma mistura do mesmo com o ar existente no espaço, que se encontra à temperatura desejada, aumentando o nível de conforto global do sistema de ventilação.

No caso da distribuição vertical, esta é de difícil manutenção na ausência de correntes de ar visto ter um alcance imediato mas mais limitado. Este tipo de distribuição, contrariamente à distribuição horizontal, pode criar algum desconforto aos utilizadores que se encontrem diretamente sob o difusor. Por forma a diminuir este desconforto, o caudal de ar e a sua velocidade devem ser reduzidos.

Relativamente à extração, os dispositivos devem ser estrategicamente localizados nas peças húmidas, idealmente num local central, para uma melhor captação do ar.

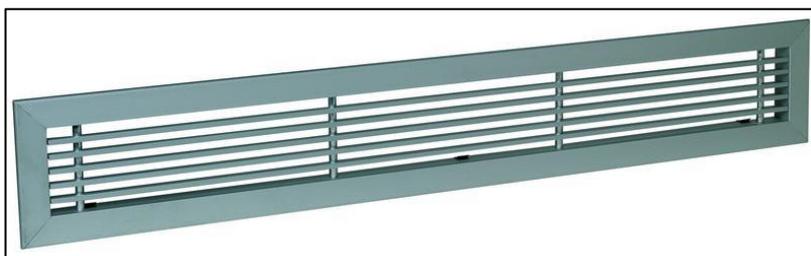


Figura 14 : Grelha de insuflação de ar.
Fonte: Aldes



Figura 15: Dispositivo de extração de ar.
Fonte: ArchiExpo

Existe também um tipo específico de grelhas de insuflação e dispositivos de extração de ar, denominados *hidroreguláveis*.

Os dispositivos hidroreguláveis permitem a regulação da entrada e extração de ar consoante o grau de humidade da divisão.

A utilização deste tipo de grelhas tem como objetivo a redução das perdas de calor associadas à infiltração de ar novo e extração de ar aquecido no edifício, através da limitação da entrada de ar novo.

4.3.6. Recuperação de calor

Como referido anteriormente, são atualmente utilizados recuperadores de calor que permitem a reutilização do calor contido no ar extraído dos locais, com o objetivo de reduzir as potências térmicas instaladas e os consumos de energia para o aquecimento associados.

As vantagens óbvias desta aplicação passam pela possibilidade de redução das potências térmicas a instalar para o aquecimento e, conseqüentemente, do custo do investimento das instalações de aquecimento. A redução do consumo de energia térmica leva também a uma redução dos custos de exploração e a uma redução das emissões de possíveis agentes poluentes.

O tipo de recuperador de calor mais utilizado é o permutador de fluxos cruzados. Este é um permutador de calor constituído por “veias” de ar separadas graças à existência de finas placas (de alumínio ou um material sintético). As placas são dispostas de maneira a reduzir ao máximo o seu espaçamento. O escoamento é efetuado em corrente cruzada entre as placas, sem existência de uma mistura física ou transferência de humidade entre o ar extraído e o ar novo insuflado. Este funcionamento é representado na Figura 16.

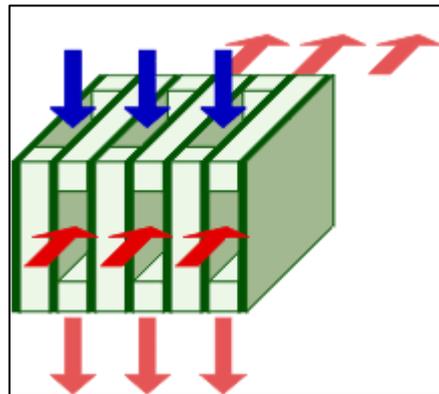


Figura 16: Ilustração do funcionamento de um permutador de fluxos cruzados.

Fonte: Energie Plus

5. Atividades Desenvolvidas

Neste capítulo são apresentadas as fases de um projeto de aquecimento e ventilação e são descritas as tarefas desenvolvidas em diferentes projetos durante o período de estágio. É feita a descrição das atividades realizadas em cada fase, tendo em conta as bases teóricas e legais aplicáveis, apresentadas nos capítulos anteriores.

As fases de um projeto AVAC foram organizadas de acordo com a norma SIA 108 (2003), que define as fases de um projeto desta área.

A estrutura das prestações realizadas é dirigida a todos os profissionais de engenharia na área dos edifícios. A norma é por isso relativamente abrangente mas inadaptada quanto à importância de determinadas fases do projeto AVAC. É no entanto possível adaptar esta norma a casos mais específicos, sendo ainda assim utilizada como referência.

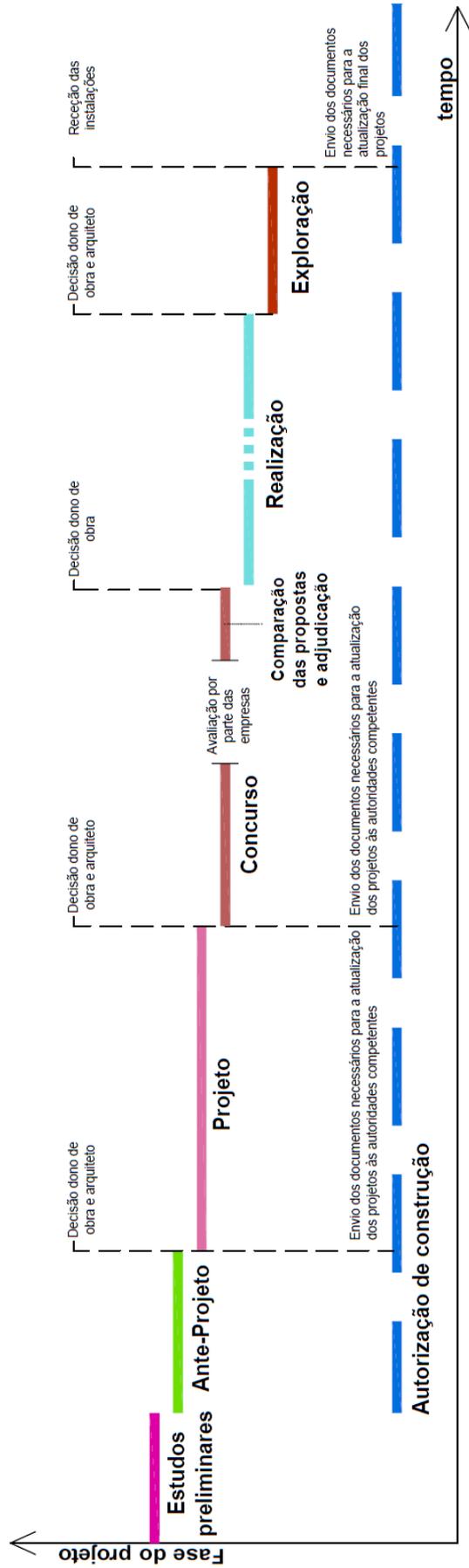
De acordo com a norma SIA 108 (2003) um projeto AVAC contém 6 fases distintas:

- 1 – Definição dos objetivos
- 2 – Estudos preliminares
- 3 – Projeto
- 4 – Adjudicação
- 5 – Realização
- 6 – Exploração

Exceto determinados casos específicos, o mandato do engenheiro AVAC apenas inclui as fases 3, 4 e 5.

Nas fases descritas não é incluído o processo de pedido de autorização de construção. Normalmente é feito um pedido inicial, na fase de anteprojecto ou no início da fase de projeto. Muitas vezes o projeto acaba por ser alterado, sendo necessário atualizar os documentos, enviados inicialmente, numa outra fase do projeto.

É de seguida apresentada esquematicamente a organização das diferentes fases do projeto seguidas pelo engenheiro AVAC.



Agindo como profissional especializado, o engenheiro é encarregado de determinadas funções sob comando do chefe de projeto. O engenheiro AVAC pode também assumir a direção geral do projeto. Nesta função, concebe o projeto e dirige todos os profissionais especializados que intervêm na conceção e realização. No caso de assumir a direção geral do projeto, as prestações associadas devem ser definidas e remuneradas separadamente.

A coordenação interdisciplinar das instalações técnicas do edifício, relacionada com a direção geral do projeto, inclui os aspetos técnicos e espaciais do projeto e trata das interações entre os diferentes sistemas do edifício.

A missão essencial englobada pela coordenação interdisciplinar diz respeito à delimitação da missão individual de cada engenheiro e profissional especializado incluídos no projeto, à troca de informação entre estes e à consciência das diferentes dependências recíprocas. Relativamente à coordenação espacial, esta inclui a implementação harmoniosa das instalações nos locais e zonas, assim como a localização dos aparelhos e condutas.

Este capítulo está organizado a partir das seis fases enunciadas acima, sendo uma adaptação das mesmas ao domínio das aplicações realizadas. Assim, é feita a descrição de cada uma das fases e dos seus objetivos. São apresentados alguns projetos realizados e atividades desenvolvidas durante o período de estágio.

Devido à curta duração do período de estágio (6 meses) não foi possível acompanhar as fases completas de um projeto único, pelo que são apresentadas as tarefas realizadas para diferentes projetos em determinadas fases.

São descritos quatro projetos: o primeiro, na fase de Estudos Preliminares, trata a construção de dois edifícios de habitação; o segundo, na fase de Anteprojeto, trata a renovação do local técnico de um conjunto de quatro edifícios de habitação; de seguida, na fase de Projeto, são apresentadas as atividades realizadas em dois projetos, um de uma habitação individual e outro de um edifício de habitação com um andar de comércio.

5.1. Definição dos objetivos

Nesta fase são definidos os objetivos e conceitos gerais do projeto, sendo a mesma da responsabilidade do dono de obra/cliente e/ou arquiteto.

Normalmente o engenheiro AVAC não tem participação na definição inicial dos objetivos do projeto. No entanto, durante a etapa dos estudos preliminares, o engenheiro pode aconselhar uma diferente abordagem da problemática.

5.2. Estudos Preliminares

Esta etapa inclui a ajuda à elaboração de um conceito energético geral, a representação e avaliação das principais proposições e a elaboração de um programa provisório e simplificado do sistema.

É de seguida apresentado um projeto realizado nesta fase, correspondente a um concurso de arquitetos no qual foi pedida a participação de um engenheiro AVAC.

Concursos de Arquitetos

Por vezes são prestados serviços de consultoria a arquitetos, quando estes participam com um projeto a concurso, sendo que as prestações dependem das exigências de cada concurso.

Este tipo de prestação não envolve o dimensionamento dos sistemas mas apenas a definição do conceito energético.

O projeto descrito de seguida trata a construção de dois edifícios de habitação coletiva de 11'138 m² (dos quais 371 m² de atividades comerciais) cada um, que teriam obrigatoriamente de obedecer a um princípio de alta performance energética.

Após algumas reuniões com os arquitetos, nas quais foi explicado o conceito arquitetural e definido o projeto, foi redigido um descritivo energético de certas medidas e pontos-chave do projeto que, em termos construtivos, fariam destacar os edifícios a concurso e que permitiriam cumprir os mínimos obrigatórios definidos pelo cliente.

O objetivo deste documento descritivo foi a apresentação de um conjunto de medidas que tornariam possível uma considerável redução da energia de exploração do projeto, garantido ainda assim o conforto térmico dos habitantes. As medidas apresentadas para este efeito seriam depois implementadas na fase de projeto.

Segundo a descrição do cliente os edifícios teriam de ser obrigatoriamente ligados a uma central de produção de energia situada num local próximo. A central em questão é baseada no aproveitamento do calor do ambiente armazenado num aquífero próximo através da utilização de bombas de calor). Este sistema seria completo por uma instalação de coletores solares térmicos e uma instalação de painéis solares fotovoltaicos nas coberturas dos dois edifícios. A emissão de calor seria efetuada por pavimento radiativo, regulada peça a peça, através de termostatos.

Foi prevista uma ventilação mecânica com recuperação de calor para os apartamentos, assegurando uma renovação sistemática do ar a fim de associar conforto, higiene do ar e poupanças de energia, preenchendo as obrigações energéticas.

Visto que todos os projetos a concurso teriam de respeitar os sistemas enunciados acima, todos teriam as mesmas características técnicas em termos de produção de calor e ventilação. Assim, no descritivo energético redigido foi dado destaque às qualidades construtivas do projeto, sendo o objetivo a sua distinção relativamente aos outros edifícios a concurso.

Os edifícios apresentavam um excelente fator de forma, limitando as necessidades energéticas para o aquecimento. Foi também possível eliminar a grande maioria das pontes térmicas, evitando os detalhes complexos, caros e ineficientes. As pontes térmicas existentes, criadas pelas varandas, seriam minimizadas ao máximo.

O conceito de arquitetura englobava a construção de uma estrutura com vegetação na fachada sudoeste de um dos edifícios, atuando como um filtro vegetal. Nos dois edifícios seriam construídas, na fachada sudoeste (SO), varandas ao longo de todos os andares. É possível perceber o conceito a partir dos esboços arquiteturais apresentados na Figura 17.

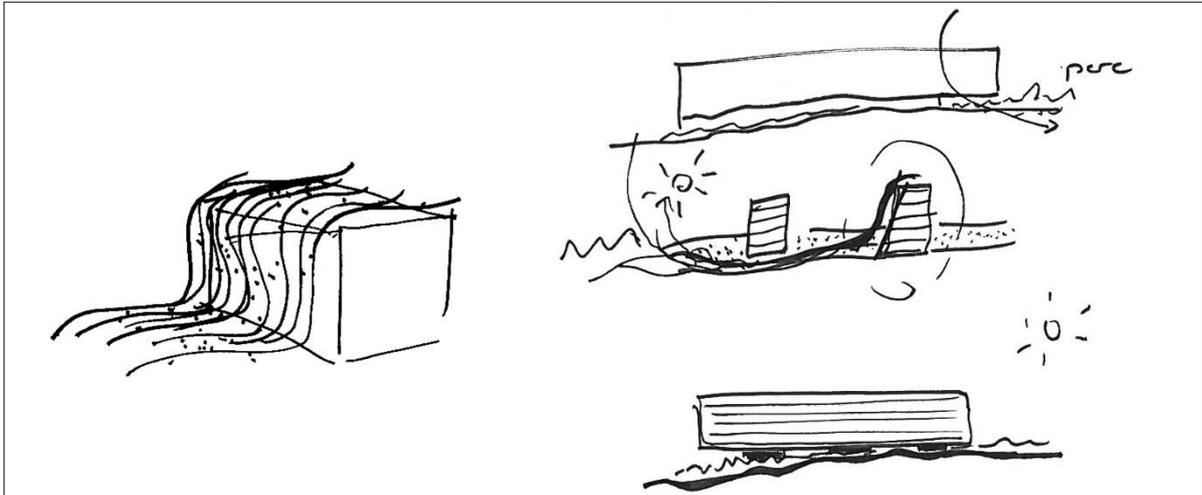


Figura 17: Esboço do conceito do projeto e do filtro vegetal.
Fonte: *Ganz et Müller Architectes*

Foi feita uma análise simplificada dos sombreamentos nas fachadas SO no sentido de explicar e demonstrar o efeito positivo, nos ganhos térmicos desta fachada, dos balcões num dos edifícios e do filtro vegetal no outro.

Este estudo foi feito recorrendo a uma modelação do edifício, efetuada a fim de analisar a exposição solar anual, com ajuda de um programa de simulação chamado *Alcyone*.

As escolhas construtivas permitiriam diminuir as necessidades energéticas dos edifícios e aumentar o conforto térmico durante todo o ano, conservando ainda assim uma boa iluminação natural.

Apresentam-se de seguida os resultados da análise, para cada estação do ano:

- a. Durante o verão, quando o sol está alto, as varandas dão uma importante proteção, o que permite diminuir os ganhos solares e os sobreaquecimentos. Durante esta estação o efeito do filtro vegetal acentua esta proteção solar (Figura 18).
- b. Nas meias estações, o filtro vegetal diminui a passagem de energia solar pelos vãos envidraçados. A existência dos balcões permite também proteção durante algumas horas do dia (Figura 19).
- c. Durante o inverno, as plantas do filtro vegetal, que são sazonais, perdem as suas folhas, o que facilita a penetração dos ganhos solares nas superfícies, contribuindo para diminuir as necessidades de aquecimento (Figura 20).

Finalmente, as áreas das superfícies envidraçadas foram otimizadas de acordo com a orientação das diferentes fachadas, de maneira a melhorar a envolvente térmica (perdas e ganhos térmicos). Para além disso, as superfícies envidraçadas serão equipadas de estores exteriores com lâminas orientáveis, permitindo evitar o sobreaquecimento, conservando uma boa luminosidade.

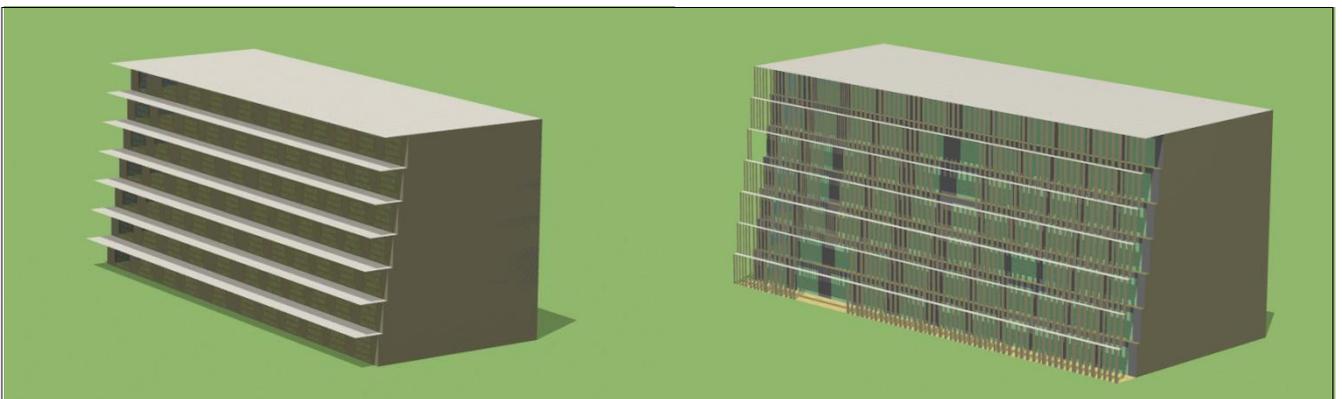


Figura 18: Fachada SO durante o verão, efeito da existência dos balcões e do filtro vegetal.
Fonte: PIC

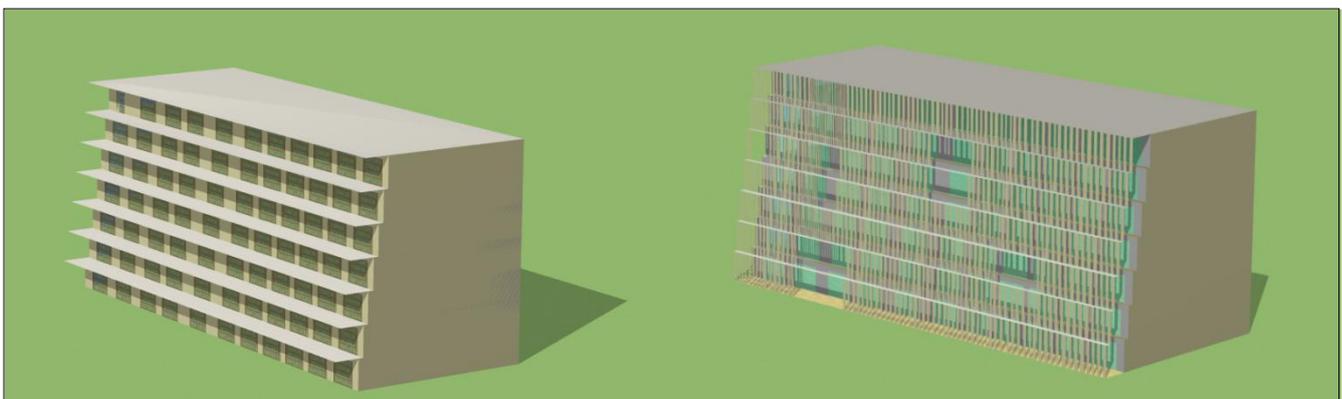


Figura 19: Fachada SO durante a primavera/outono, efeito da existência dos balcões e do filtro vegetal.
Fonte: PIC

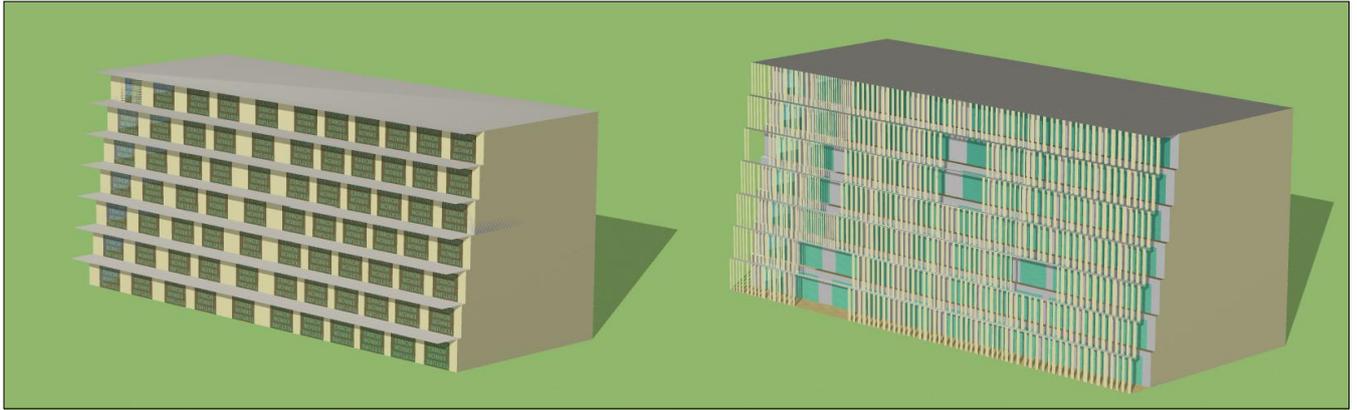


Figura 20: Fachada SO durante o inverno, efeito da existência dos balcões e do filtro vegetal.
Fonte: PIC

5.3. Projeto AVAC

5.3.1. Anteprojeto

O objetivo desta fase é a elaboração do anteprojeto, otimizado do ponto de vista da conceção e rentabilidade. Nesta etapa é feito um primeiro dimensionamento do sistema, com maior ou menor detalhe, dependendo do projeto, sendo realizado o cálculo de determinados valores característicos. São ainda propostas medidas construtivas que permitem a otimização do envelope térmico em termos energéticos, assim como é feita uma preparação do processo do pedido de autorização.

São apresentadas de seguida as tarefas realizadas para o anteprojeto da renovação da produção de calor, de um conjunto de quatro edifícios de habitação coletiva, realizado durante o período de estágio. Neste projeto não foi iniciado o processo de pedido de autorização de construção nesta fase.

Foi escolhido este projeto no sentido de demonstrar algumas dificuldades que são usualmente encontradas aquando da realização de um projeto de renovação.

5.3.1.1. *Rua Le Corbusier : Renovação da produção de calor*

O anteprojeto elaborado consistiu no estudo da substituição completa da produção de calor atual, a óleo combustível, para um conjunto de quatro edifícios de habitação coletiva, construídos em 1977 na cidade de Genebra.

Foi elaborado o anteprojeto, sendo este apresentado sob a forma de um relatório, onde foi avaliado o projeto, técnica e economicamente, assim como as variantes de produção de energia térmica possíveis.

Foram consideradas as variantes caldeira a gás, a biomassa e bomba de calor geotérmica. Relativamente à bomba de calor geotérmica, o projeto situava-se numa zona no centro da cidade onde não é permitida a instalação de sondas geotérmicas tornando, por essa razão, a escolha desta variante impossível.

Quanto à escolha da variante biomassa, visto a localização do projeto no centro da cidade, os limites quanto às emissões de partículas, características deste tipo de instalação, são muito exigentes. Assim, tornar-se-ia difícil a instalação de um sistema deste tipo. A escolha final de um sistema a gás foi feita tendo em consideração o investimento inicial mais elevado de um sistema a biomassa representa um.

Relativamente à caldeira a gás, variante escolhida, foi então redigido um descritivo geral dos equipamentos e instalações, assim como dos trabalhos necessários. Foi ainda feita uma estimativa do custo da obra.

Geralmente os projetos de renovações são mais problemáticos que os projetos novos, visto a frequente impossibilidade da obtenção de todas as informações necessárias ao estudo. É então necessário recorrer a determinadas estimativas, sendo essencial a avaliação crítica dos resultados.

Neste projeto, as plantas dos apartamentos não foram disponibilizados, pelo que, para o dimensionamento do sistema, foi tido como hipótese que os apartamentos tinham 3 habitantes cada um (sendo que a média suíça é de 2,8 habitantes por habitação), existindo, segundo o cliente, 140 apartamentos.

Foi feita uma visita ao local técnico em questão, onde foram anotadas as dimensões do espaço, as características e dimensões dos equipamentos existentes e o estado dos mesmos, com o objetivo de verificar as suas condições e a possibilidade de manter alguns deles no sistema.

O esquema de princípio correspondente à nova instalação de aquecimento e produção AQS, que se insere no quadro das tarefas realizadas no anteprojecto, pode ser consultado em anexo H.



Figura 22: Caldeiras existentes
Fonte: PIC



Figura 21: Coletor Existente.
Fonte PIC

Instalação existente

A produção de calor era composta por duas caldeiras da marca *Hoval*, tipo Mega 3, de uma potência unitária de 600 kW (Figura 22), correspondente a 1200 MW totais, para o conjunto dos quatro imóveis.

A distribuição de calor assegurava três funções:

- Produção de AQS, por intermédio de um permutador de calor;
- Aquecimento dos edifícios, separado nos diferentes sectores anunciados;
- Antigo circuito de ventilação (fechado).

Foi concluído que praticamente todo o material existente seria substituído, sendo feita uma renovação quase completa do local. Apenas as bombas de circulação recentemente substituídas e o acumulador de AQS, que se encontravam em bom estado, poderiam ser conservados. O esquema de princípio da instalação, desenvolvido durante o estágio, pode ser consultado no anexo H.

Visto as caldeiras se encontrarem quase no período de fim de vida, seria o momento ideal da sua substituição, antes do começo de avarias e da necessidade de grandes investimentos para a sua resolução.

Graças à modernização da tecnologia das caldeiras, relativamente às caldeiras existentes no local, seria também possível diminuir o consumo de combustível e, conseqüentemente, a emissão de CO₂.

Produção de calor

Para o dimensionamento da produção de calor foi feita uma estimativa do consumo energético dos imóveis.

Como já referido, no caso de renovações nem sempre são disponibilizadas todas as informações necessárias. Neste caso não foi possível obter os consumos reais da instalação, pelo que foi necessário fazer uma estimativa das necessidades energéticas reais tendo em conta a potência instalada e os métodos de dimensionamento utilizados na época da instalação.

Considerando os métodos de cálculo da época, as instalações eram no geral sobredimensionadas por uma questão de segurança do abastecimento, sendo possível estimar as necessidades a aproximadamente 80% da potência instalada.

Foi possível encontrar no sistema de informação do território de Genebra, uma ferramenta que possibilita a consulta de uma vasta lista de diferentes dados relativos ao cantão de Genebra, a área energética de referência e o índice de referência energética dos edifícios em estudo.

O índice de referência energética representa o consumo energético para aquecimento e AQS por m² de AUC de um edifício.

A partir destes dois valores, apresentados de seguida, foi possível estimar o consumo anual da instalação.

Tabela 9: Dados do Edifício.
Fonte: Sistema de Informação do Território de Genebra

<p>AUC = 3'927 m² IDC = 593 MJ / (m²·ano) Consumo Energético Anual = 2'328'711 MJ</p>	<p>Os valores apresentados são individuais para cada um dos quatro edifícios.</p>
---	---

Utilizando a fórmula simplificada (22), apresentada no capítulo 3.3.3, e tendo em conta que um litro de óleo combustível corresponde a 10 kWh, foi possível chegar a uma potência de aproximadamente 862 kW para o conjunto dos quatro edifícios. Esta potência pode ser arredondada a 900 kW, por não deixar de ser uma estimativa baseada numa simplificação.

Utilizando o valor calculado para o consumo anual para o dimensionamento dos equipamentos geradores para produção de calor, foi possível confirmar a estimativa feita relativamente aos métodos de cálculo da época. Este valor corresponde a 75% da potência instalada, sendo a aproximação inicial estimada de 80%.

Por forma a confirmar a ordem de grandeza da potência térmica estimada, foi utilizado o método das horas de funcionamento (referido no capítulo 3.3.3). Considerando o valor de consumo da energia anual apresentado na Tabela 9 e uma duração de funcionamento anual de 2700 h (capítulo 3.3.4), é possível chegar a uma potência térmica de 958 kW.

Tendo em conta que a diferença entre o rendimento de uma caldeira a óleo combustível (75-85%) e o rendimento de uma caldeira a condensação a gás (85-95%) é de aproximadamente 10%, é possível concluir uma potência térmica de 862 kW necessária a instalar.

As três estimativas permitem chegar a valores com a mesma ordem de grandeza. Assim, foi considerado que a aproximação inicial feita estaria correta, optou-se pela instalação de 900 kW de potência térmica sob a forma de duas caldeiras de condensação a gás, de 450 kW cada.

Para o cálculo do consumo de AQS, foi utilizada a equação (2) e os valores das necessidades horárias típicas a 60°C encontrados na tabela apresentada no anexo B.

Para 100 apartamentos, o valor máximo contido na tabela referida, o consumo horário de AQS é de 3410 dm³/h. Para uma adaptação ao projeto em estudo, com 140 apartamentos, foi feita uma proporção e encontrado o valor do consumo para a totalidade dos apartamentos dos quatro edifícios de 4774 dm³/h, correspondendo a uma potência de aproximadamente 200 kW. Sendo a potência necessária para a produção de AQS inferior à potência para aquecimento, não seria necessária a instalação de potência adicional.

Foi de seguida feita uma estimativa dos caudais hidráulicos de cada sector, tendo em conta os diâmetros das condutas existentes e o dimensionamento da época, feito para uma perda de carga das condutas de 100 Pa/m. Consultando as tabelas mencionadas no capítulo 3.4.2.3, é possível obter os caudais de cada um dos sectores.

Através dos valores obtidos e da equação (1), para $\Delta T=80-60=20^{\circ}\text{C}$, foi possível calcular a potência térmica relativa a cada um dos quatro sectores existentes no coletor de distribuição de calor, representados na Tabela 10.

Tabela 10: Estimativa da potência térmica de aquecimento instalada, por sector

Sector	Diâmetro [mm]	Caudal [m ³ /h]	Potência [kW]
Ventilação	40	2,8	65
Escritórios	65	12,1	280
Sul = Norte	80	17,2	400

Considerando a possível redução da potência, estimada em 80% tendo em conta a margem de segurança da época, foram, na mesma proporção, diminuídas as potências de cada um dos circuitos.

Tendo conhecimento da potência térmica a instalar em cada um dos circuitos podemos, de acordo com a mesma equação (1), calcular os caudais necessários e verificar o dimensionamento da tubagem existente (Tabela 11).

Tabela 11 : Estimativa da potência térmica de aquecimento instalada por sector, considerando a redução de 80%

Sector	Diâmetro [mm]	Potência [kW]	Caudal [m ³ /h]	Caudal [kg/h]
Ventilação	40	51,4	2,22	2216
Escritórios	65	208,6	8,99	8991
Sul = Norte	80	322,3	13,89	13892

Assim foi também confirmada a possibilidade de conservação das bombas de circulação que tinham sido recentemente substituídas, visto os diâmetros das condutas serem os mesmos e a perda de carga do circuito não ser significativamente alterada (o circuito de distribuição não seria renovado).

Estimativa do investimento

Finalmente foi feita a estimativa do investimento inicial necessário para a renovação do sistema descrito. Nesta fase, a determinação dos custos previsíveis dos equipamentos deve ser feita com um erro máximo de aproximadamente 15-20%. Para isso são consultados os fabricantes, por forma a obter o preço dos materiais que foram dimensionados, e são feitas estimativas por

comparação a projetos similares realizados pela empresa. No limite, podem ser feitas proporções no sentido de haver uma maior adaptação dos preços ao projeto em estudo.

5.3.2. Projeto

Para a realização do projeto são dimensionados e descritos todos os componentes da instalação que são parte integrante do sistema, e que integram o grupo de prestações realizadas pelo engenheiro AVAC. Esta fase, realizada após reflexão e decisão sobre o tipo de instalação e os seus componentes necessários, inclui o desenho das instalações técnicas nas plantas do projeto, a localização de cada componente e a coordenação dos equipamentos e instalações com os outros profissionais da área da construção de edifícios, nomeadamente o arquiteto, engenheiro civil, engenheiro de águas e esgotos e eletrotécnico. A coordenação interdisciplinar referida permite também uma otimização do projeto a nível técnico e económico.

Muitas vezes o anteprojeto e projeto constituem uma só fase de dimensionamento e planificação das instalações. Quando estas fases são definidas separadamente, o projeto é o desenvolvimento e detalhe do anteprojeto. No caso do estudo de diferentes variantes apresentadas ao cliente, o projeto trata a variante escolhida como superior do ponto de vista técnico, económico e ecológico.

Em alguns projetos é também comum a realização de uma estimativa de custos mais detalhada, a pedido do cliente, sendo por vezes necessária a revisão do projeto, no sentido da redução do investimento, baseada nas exigências do dono de obra.

Por outro lado, é também normalmente definido nesta fase o calendário proposto para a realização dos trabalhos de construção e instalação dos equipamentos.

É de seguida descrito o projeto das instalações de aquecimento e ventilação para uma vivenda completamente renovada e depois o projeto de construção de um edifício de habitação.

5.3.2.1. Villa à Presinge : Renovação de uma vivenda individual



Figura 23: Fachada NE, vivenda em Presinge.
Fonte: Arquiteto Patrick Jeannerat

O projeto descrito nesta fase trata, como referido anteriormente, uma grande renovação de uma vivenda de 670 m², na qual foi construído um novo andar e substituídas todas as instalações técnicas.

Tinha sido previamente feita a estimativa das necessidades de aquecimento, na fase de anteprojeto, que foi controlada do ponto de vista da sua adequação ao projeto atualizado e definido o tipo de sistemas a instalar.

O cliente especificou a sua preferência pela instalação de uma caldeira a condensação a óleo-combustível, apesar das recomendações dadas em termos da utilização e instalação de um sistema que minimize as emissões de gases com efeito de estufa.

Esta instalação foi completada com um sistema solar térmico para aquecimento de uma parte das necessidades de aquecimento e AQS, por forma a cobrir no mínimo 30% da energia produzida para aquecimento da AQS proveniente de energia renovável, obrigatória por lei nos casos de renovação da cobertura do edifício. Esta instalação foi dimensionada tendo em conta os valores parametrizados apresentados no anexo F. Assim, seria instalada uma potência térmica de 23 kW para aquecimento e produção de AQS, completada por um sistema solar térmico de 25 m².

A distribuição de calor foi definida como sendo realizada a baixa temperatura através de pavimento radiante, com regulação individual da temperatura em todas as divisões principais. Um desenho esquemático da distribuição de calor pode ser consultada em anexo I.

Relativamente ao sistema de ventilação, este seria de fluxo duplo com recuperação de aproximadamente 80% do calor existente no ar extraído. Foi desenvolvido um desenho esquemático da rede de condutas a instalar e caudais específicos para cada divisão, apresentadas nos anexos J e K.

Nos desenhos esquemáticos referidos são representadas as distribuições de calor e extração de ar, por piso e divisão, ou apartamento, sendo indicadas as dimensões e características da tubagem e condutas.

O esquema de princípio da instalação de aquecimento foi desenhado (anexo L), sendo também uma útil ferramenta que permite fazer uma listagem dos elementos a dimensionar e a descrever no caderno de encargos.

Todos os elementos constitutivos das instalações de aquecimento e ventilação foram dimensionados de acordo com os métodos apresentados nos capítulos 3 e 4.

Relativamente à ventilação, a UTA foi escolhida por forma a ser possível proceder à renovação de um caudal de ar total de 700 m³/h.

No caderno de encargos desenvolvido foi feita a descrição das instalações e dos seus componentes, qualitativa e quantitativamente, por forma a permitir às empresas instaladoras a realização de uma estimativa, o mais precisa possível, dos custos associados à instalação dos sistemas descritos e a apresentação da sua proposta de orçamento para os serviços a efetuar.

Normalmente são definidos no caderno de encargos os modelos e marcas dos equipamentos, sendo no entanto possível a apresentação de alternativas pelas empresas instaladoras. As variantes apresentadas são submetidas a uma avaliação da sua qualidade e adaptação ao projeto em estudo.

A forma e conteúdo de um caderno de encargos são pré-definidos. Para o projeto descrito, a organização deste documento, realizado separadamente para o sistema de aquecimento e o sistema de ventilação, é apresentada da página seguinte.

Organização do caderno de encargos, por capítulo tratado:

- Aquecimento e AQS
 - Desmontagem do material existente
 - Armazenamento do óleo-combustível
 - Produção de calor
 - Geradores de calor
 - Tubagem
 - Equipamentos
 - Montagem
 - Isolamento
 - Distribuição de calor
 - Equipamentos
 - Condutas
 - Equipamentos de emissão
 - Montagem
 - Isolamento
 - Instalações especiais
 - Condução de evacuação de fumos
 - Instalação solar térmica

- Regulação
- Ventilação
 - Aparelhos
 - UTA
 - Hotte de extração (cozinha)
 - Conduitas e Fixações
 - Rede de conduitas circulares
 - Rede de conduitas quadráticas
 - Isolação antifogo
 - Amortizadores
 - Grelhas e acessórios
 - Grelhas anti-chuva
 - Acessórios antifogo
 - Reguladores de caudal
 - Grelhas e válvulas de insuflação e extração
 - Termómetros e Placas Indicativas
 - Montagem
 - Trabalhos de montagem
 - Equilibragens e medidas

Em cada um dos diferentes temas enunciados, são enumerados e caracterizados todos os componentes das diferentes instalações. É também necessário definir todas as dimensões de tubagem de aquecimento e conduitas de ventilação, assim como as diferentes peças de forma e acessórios a instalar nas mesmas.

Visto este projeto tratar uma renovação, foi necessário identificar os equipamentos existentes no local, no sentido de prever a desmontagem dos mesmos.

Por outro lado, visto tratar-se da instalação de uma caldeira a óleo combustível, foi necessário fazer a previsão da instalação de uma cisterna, possibilitando o armazenamento do combustível. Foi definido que esta seria enterrada, por forma a evitar a utilização de espaço livre no interior do edifício. A cisterna deveria obrigatoriamente responder a todos os parâmetros de segurança.

São de seguida descritas as tarefas realizadas no âmbito do projeto de construção de um edifício de habitação.

5.3.2.2. *Sainte Clotilde – construção de um edifício de habitação*

Outro dos projetos realizados durante o período de estágio teve como objeto um edifício de habitação.

Para este projeto foi determinado que a produção de calor seria um projeto de uma rede de distribuição de calor a partir de uma central, inserida na zona de localização do edifício, no qual são utilizadas bombas de calor que aproveitam como fonte de calor ambiente um lago.

O trabalho realizado inicialmente passou pelo cálculo da potência térmica necessária para colmatar as necessidades de aquecimento e AQS, que seria contratada à central de *District Heating*, e pelo dimensionamento dos componentes de armazenamento e distribuição deste calor.

Normalmente, visto tratar-se de uma nova construção, seria obrigatória a instalação de um sistema solar térmico para produção de 30% do calor necessário para a AQS. No entanto, em Genebra o calor do ambiente é considerado legalmente como uma fonte de energia renovável. Visto o projeto de distribuição de calor da zona garantir uma parte mínima de 68% de calor proveniente do ambiente, foi possível pedir uma derrogação à obrigação legal mencionada.

O esquema de princípio desenvolvido pode ser consultado no anexo M.



Figura 24: Edifício *Sainte Clotilde*.
Fonte: Favre et Guth Architectes

Relativamente à ventilação, esta seria de fluxo simples, sendo a extração feita por dois ventiladores instalados na cobertura e sendo prevista a instalação de uma bomba de calor na cobertura, por forma a reutilizar e potenciar o calor existente no ar extraído para o aquecimento de uma parte das necessidades de AQS.

Foi definido o modo de distribuição da ventilação e aquecimento, tendo em conta as limitações do projeto em termos de espaço disponível e da existência de diferentes utilizadores (habitação e comércio). A planta rede de condutas de ventilação e tubagem de aquecimento do primeiro andar pode ser consultada em anexo N. Relativamente ao aquecimento, o pavimento radiante é representado esquematicamente nas plantas apresentadas.

Para o dimensionamento das condutas de ventilação e tubagem de aquecimento, representadas nas plantas em anexo, foram desenvolvidos os desenhos esquemáticos dos dois recursos. Estas podem ser consultadas nos anexos O e P.

Por fim foram dimensionados todos os acessórios necessários para o bom funcionamento das instalações e desenvolvidos os cadernos de encargos.

5.4. Adjudicação

5.4.1. Concursos

Nesta fase são enviados os cadernos de encargos às empresas instaladoras.

O pedido de orçamento para os cadernos de encargos pode ser público ou privado, dependendo da dimensão e natureza do projeto.

No caso de concursos privados ou públicos a convite, a decisão do envio a determinadas empresas é determinado pelo dono de obra, arquiteto ou engenheiro AVAC e está normalmente associada a boas experiências profissionais partilhadas com essas empresas.

Nesta fase, é também definida a estratégia e critérios de avaliação das propostas de orçamento enviadas pelas empresas, que pode ter em conta a experiência e organização da empresa e as suas referências de projetos similares.

Como referido anteriormente, são definidos, no caderno de encargos, os modelos e marcas dos equipamentos constituintes dos sistemas dimensionados, a partir dos quais as empresas devem basear os seus orçamentos. É no entanto possível apresentar alternativas aos materiais apresentados, sendo estas posteriormente avaliadas pelo engenheiro AVAC.

5.4.2. Avaliação e proposição de Adjudicação

O objetivo desta fase é a avaliação das propostas de orçamentos recebidas para os cadernos de encargos enviados e a apresentação da mesma ao dono de obra. É aconselhada ao dono de obra a proposta que mais se adequa ao nível de qualidade e limites económicos estabelecidos pelo dono de obra.

É feito um controlo dos erros de cálculo que possam existir nas propostas e nas possíveis variantes apresentadas. É construída uma tabela que descreve os custos apresentados em cada proposta e os erros contidos, assim como possíveis reduções de preço feitas pelas empresas. Nesse momento é possível determinar as diferenças de preço relativamente à estimativa feita anteriormente pelo engenheiro AVAC, sendo esta uma forma de controlo dos orçamentos apresentados e também um controlo dos métodos utilizados para realizar a estimativa.

A partir da tabela construída é redigido um relatório, que é entregue ao cliente, onde são apresentados os resultados de todas as propostas recebidas. É feita a avaliação técnica e financeira das mesmas, sendo apresentada uma primeira proposta de adjudicação, dependente dos critérios de avaliação definidos.

Após a apresentação do relatório redigido ao dono de obra, são normalmente organizadas reuniões com todos os intervenientes, sendo escolhidas as duas ou três empresas com os melhores resultados. As reuniões individuais com cada empresa pressupõem o esclarecimento de eventuais dúvidas existentes e uma negociação final dos orçamentos. Após as negociações, é feita uma avaliação final das propostas.

O dono de obra escolhe a empresa a adjudicar, tendo em conta a avaliação feita e com o conselho do arquiteto e engenheiro.

5.5. Realização da obra

Nesta fase, o papel do engenheiro passa pela resolução dos possíveis problemas de coordenação existentes, pela alteração de algum ponto do projeto que possa ter sido reconsiderado, pelo controlo do trabalho da empresa instaladora e pelo desenho das plantas e esquemas definitivos.

São também finalizados os documentos necessários para os pedidos de autorização de construção e redigidos os contratos com os profissionais envolvidos nos trabalhos.

Aquando da realização da obra o engenheiro pode, dependendo das prestações acordadas com o dono de obra, ser encarregado do controlo dos trabalhos, dos materiais da instalação e dos prazos definidos e participar nas reuniões de trabalho.

No final da instalação de uma parte importante do projeto, ou no final da instalação completa dos sistemas, dependendo do projeto e a pedido do dono de obra, o engenheiro AVAC deve fazer o controlo da qualidade e do bom funcionamento das instalações.

Por vezes passa também pelas prestações de serviços do engenheiro a redação dos processos verbais das reuniões de trabalho e controlo das prestações efetuadas e das faturas.

5.6. Exploração da Instalação

Normalmente as empresas instaladoras fornecem um serviço de manutenção durante um determinado período, previamente estipulado com o dono de obra. Ainda assim, dependendo das prestações definidas inicialmente, ou a pedido do dono de obra, o engenheiro AVAC pode fornecer um serviço de controlo do bom funcionamento da instalação durante o período inicial da exploração do mesmo. Esta prestação permite a eliminação de possíveis erros e a determinação das soluções necessárias, por vezes em conjunto com a empresa instaladora, por vista à satisfação do cliente.

6. Conclusão

Na Suíça, as exigências relativas à envolvente térmica dos edifícios, à eficiência dos sistemas e à utilização de energias renováveis são cada vez mais elevadas. A legislação aplicada evolui constantemente no sentido da minimização da utilização de combustíveis fósseis e da diminuição das necessidades de energia associadas ao aquecimento, AQS e ventilação dos edifícios.

Relativamente à envolvente térmica, a necessidade da realização de economias de energia levou a um maior desenvolvimento e aplicação de isolamento dos edifícios, sendo estudadas minuciosamente as possíveis pontes térmicas existentes.

Por forma a preservar o conforto térmico no verão e diminuir a necessidade da instalação de sistemas de climatização, uma elevada adequação das proteções solares e vãos envidraçados é prioritária.

Por outro lado, presando o princípio de economia de energia, foram também desenvolvidos sistemas de aquecimento e ventilação mais eficientes, sendo dada uma grande importância a uma boa planificação e conceção dos sistemas.

O estudo do tipo de sistema a instalar e as suas características de funcionamento deve ter como base um conceito energético a ser aprovado pelo dono de obra, no qual são exploradas as opções de geração e exploração do sistema, assim como os custos associados a cada uma. Para além dos princípios enunciados acima, este estudo deve ter em conta todas as fontes de energia possivelmente exploráveis, as necessidades energéticas do projeto e o espaço disponível.

A instalação deve ser concebida, construída e explorada de maneira a que a segurança dos utilizadores, outros equipamentos e o próprio edifício seja assegurada. É igualmente necessário ter em conta a rentabilidade, o consumo de energia, o conforto do utilizador e a segurança no abastecimento da instalação.

O engenheiro AVAC deve preencher o papel de conselho, de conceção, de implementação de projetos e de direção dos trabalhos. Deve exercer a sua atividade como pessoa de confiança do dono de obra e agir com plena consciência da sua responsabilidade em relação ao ambiente e à sociedade. Para além disso, deve ser totalmente imparcial na sua escolha de empreiteiros e fabricantes, e respeitar os objetivos definidos pelo dono de obra quanto à qualidade, custos e prazos a cumprir.

Através da experiência obtida durante estágio foi possível aprofundar a aprendizagem relativa aos sistemas de aquecimento e ventilação de edifícios, principalmente para edifícios de habitação. O estágio foi também uma oportunidade para conhecer de um modo aprofundado o papel do engenheiro AVAC num projeto deste tipo, as suas responsabilidades e atividades desenvolvidas.

7. Bibliografia e referências

- H. Recknagel, E. Sprengler, E.-R. Schramek (2011) « *Génie climatique* » (5^a edição), Dunod
- Jean Desmons (2010) « *Aide-mémoire Génie climatique* » (3^a edição), Dunod
- Weiersmüller R (1981) « *Réduction du gaspillage d'énergie : Vérification de puissance de la chaudière au moyen du disque de dimensionnement* », Ingénieurs et architectes suisses
- L 2 30 – *Loi sur l'énergie* (1987)
- L 2 30.01 – *Règlement d'application de la loi sur l'énergie* (1988)
- Norma SIA 180 (1999) « *Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments* »
- Norma SIA 380/1 (2007) « *L'énergie thermique dans le bâtiment* »
- Norma SIA 382/1 (2007) « *Installations de ventilation et de climatisation – Bases générales et performances requises* »
- Norma SIA 384/1 (2009) « *Installations de chauffage dans les bâtiments – Bases générales et performances requises* »
- Norma SIA 380/1 (2007) « *L'énergie thermique dans le bâtiment* »
- Norma SIA 385/1 (2011) « *Installations d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments – Bases générales et exigences* »
- Norma SIA 416/1 (2007) « *Indices de calcul pour les installations du bâtiment* »
- 20.27 Plomberie : <http://www.2027plomberie.com/>
- AK Ventilation: <http://www.akventilation.com>
- Aldes: <http://www.pro.aldes.fr>
- ArchiExpo: <http://www.archiexpo.fr>
- Catálogo RDZ (2011): <http://www.rdz.it>
- Energie Plus: <http://www.energieplus-lesite.be>
- Instalaciones y eficiencia energética: <http://www.instalacionesyeficienciaenergetica.com>
- Maison Energie: <http://www.radiateur-clim-chauffage.com>
- Minergie: <http://www.minergie.ch>
- Mon-elec: <http://www.mon-elec.fr>
- OFEN: <http://www.bfe.admin.ch/>
- Office cantonal de l'énergie: <http://www.ge.ch/scane/>
- RTS (Radio Television Suisse): <http://info.tsr.ch/infographies/energie/sonde.php>
- Réseau GDS: <http://www.gaz-nature.fr/>
- Suisse Energie: <http://www.suisseenergie.ch/fr-ch/home.aspx>
- Vialis: <http://www.vialis.tm.fr/>
- Wikimedia Commons: <http://www.commons.wikimedia.org>
- XPair: <http://produits.xpair.com/>

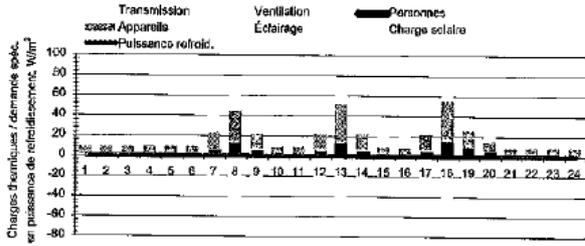
Anexos

Anexo A: Cahier technique 2024, valores característicos – cozinha

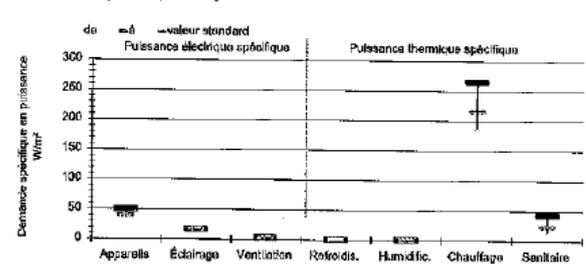
Cuisine					1.2			
		Symbol	Unit	Dimension	Val. standard	Page		
Local	Climat intérieur							
	Température ambiante	été	θ_o	°C	26.0	22.0	26.5	
		hiver	θ_o	°C	20.0	19.0	25.0	
	Humidité relative de l'air	été	φ	%				
		hiver	φ	%				
	Vitesse max. de l'air	été	$V_{60\%}$	m/s	0.18	0.13	0.19	
		hiver	$V_{60\%}$	m/s	0.12	0.12	0.17	
	Acoustique							
	Sensibilité au bruit (bruits extérieurs, intérieurs, soléons)							
	Valeur globale du bruit des installations techniques	jour/nuit	$L_{T,eq}$	dB(A)	≤ 28	≤ 25	≤ 28	
	Paramètres local et façade							
	Dimensions nettes du local type Longueur 4 m Profond. 4 m Hauteur 2.5 m							
	Capacité thermique spécifique du local (construction moyenne | lourde | légère)		C_m	W/(m ² ·K)	150	250	50	
	Taux de surface vitrée (façade brute)		f_g	%	30			
	Transmission énergétique solaire totale (vitrage + protection solaire), orientation plein sud							
		g	—	0.15				
Personnel	Utilisation (personnes)							
	Heures d'utilisation 10.0 h/d Heures à pleine charge 5.5 h/d Jours non ouvrables 0 d/a							
	Taux d'occupation (sur utilisation)				Jours d'utilisation 366 d/a Stabilité annuelle moyenne 0.763 Heures pleine charge 1600 h/a			
	Stabilité mensuelle							
	Surface par personne (nette)		A_p	m ² /P	5.0	6.0	4.0	
	Activité métabolique		M	met	1.2			
	Habillage	été	I_{cl}	clo	0.6	0.5	0.8	
		hiver	I_{cl}	clo	1.0	0.8	1.0	
	Dégagement de chaleur sensible	à 24.0°C	$P_{P,SH}$	W/m ²	14.0	11.5	17.5	
	Production moyenne d'humidité	à 24.0°C	V_p	g/(h·P)	16.0	13.5	20.0	
	Équipements	Utilisation (appareils)						
		Heures à pleine charge 0.2 h/d						
		Facteur de simultanéité (sur utilisation)						
		Pertes de standby						
		Puissance électrique spécifique		P_{SH}	W/m ²	10		
Bilan annuel des heures à pleine charge			t_{SH}	h	2340	2340	2340	
Demande annuelle spécifique en électricité			E'_{SH}	kWh/m ²	84	70	117	
Éclairage		Éclairage						
		Éclairage lumineux (indice de maintenance)						
		Taux de surface vitrée		z_g	—	0.22	0.22	0.22
		Plan utile (hauteur = 0.75 m ou 0.63 m)		\tilde{n}_v	m	0.75		
		Indice du local		K_{R}	—	1.1	1.1	1.1
		Efficacité lumineuse des luminaires		$\eta_{v,Lo}$	lm/W	55	70	55
		Utiliance		η_{UL}	—	0.67	0.72	0.67
		Heures d'utilisation journalières	jour (7-18h)	t_{ud}	h	7.0		
	nuit (18-7h)		t_{un}	h	3.0			
	Facteur de correction pour détecteur de présence		k_{PV}	—	1.0	1.0	1.0	
	Puissance électrique spécifique	éclairage du local	P_{Lc}	W/m ²	17.0	12.4	17.0	
	Puissance électrique spécifique	éclairage de valorisation	$P_{L,ok}$	W/m ²	0.0	0.0	0.0	
	Heures annuelles à pleine charge	éclairage du local	t_{Lc}	h	2750	2230	2750	
	Heures annuelles à pleine charge	éclairage de valorisation	$t_{L,ok}$	h	0	0	0	
	Demande annuelle spécifique en électricité	total	$E'_{L,LM,0}$	kWh/m ²	47	29	47	
Ventilation	Ventilation							
	Débit d'air neuf par personne	local non-fumeur	$V'_{o,P}$	m ³ /(h·P)				
	Débit spécifique d'air neuf	jour	$V'_{o,SV}$	m ³ /(m ² ·h)	20.0	16.7	25.0	
	Débit spécifique d'air neuf	nuit	$V'_{o,SN}$	m ³ /(m ² ·h)	0.0	0.0	0.0	
	Commande et régulation des ventilateurs							
	Type d'installation	Installation d'air repris simple						
	Puissance électrique spécifique ventilateurs	total air fourni + air repris	P_{SVP}	W/(m ³ ·h)	0.14	0.08	0.14	
Puissance électrique spécifique		P_v	W/m ²	2.8	1.4	3.5		
Heures annuelles à pleine charge		t_v	h	1240	460	1240		
Demande annuelle spécifique en électricité		E'_{v}	kWh/m ²	3	1	4		

		Symbole	Unité	Dimension	Valeur standard	Plage
Réfrigération	Charge thermique spécifique	externe (solaire, transmission, ventilation)	ϕ_e	W/m ²	14,3	0,0 - 10,4
		interne (personnes, appareils, éclairage)	ϕ_i	W/m ²	8,0	39,3 - 10,0
	Charge thermique interne spécifique journalière	Q_i	Wh/(m ² ·c)	470	360 - 580	
	Demande spécifique en puissance de refroidissement	ϕ_c	W/m ²	0,0	0,0 - 0,0	
	Heures annuelles à pleine charge	t_c	h	0	0 - 0	
	Demande annuelle spécifique en énergie de refroidissement	Q_c	kWh/m ²	0	0 - 0	
Humidification	Sources d'humidité (personnes exceptées) p. ex. plantes	v_k	g/(m ² ·h)	100,0	125,0 - 75,0	
	Indice de récupération d'humidité de la ventilation	$\eta_{rec, h}$	-	0,7		
	Humidité minimale de l'air ambiant	$v_{i, min}$	g/m ³	0,0		
	Demande en humidité	v_{Hl}	g/(m ² ·h)	0,0	0,0 - 0,0	
	Demande spécifique en puissance thermique pour l'humidification	ϕ_{Hl}	W/m ²	0,0	0,0 - 0,0	
	Heures annuelles à pleine charge	t_H	h	0	0 - 0	
	Demande annuelle spécifique en chaleur pour l'humidification	Q_H	kWh/m ²	0	0 - 0	
Chauffage	Indice de récupération de chaleur de la ventilation	$\eta_{rec, \theta}$	-	0,00	0,00 - 0,00	
	Dépense calorifique de base	ϕ_{HL}	W/m ²	214,5	161,5 - 284,1	
	Heures annuelles à pleine charge	t_b	h	0	0 - 0	
	Demande annuelle spécifique en énergie de chauffage	Q_h	kWh/m ²	0	0 - 0	
Sanitaire	Demande globale en eau	V_{RW}	l/(d·P)	30	10 - 50	
	Demande en eau chaude sanitaire (60°C)	V_{wv}	l/(d·P)	20	10 - 30	
	Demande spécifique en puissance pour la production d'eau chaude sanitaire	ϕ_{wv}	W/m ²	23,0	9,6 - 43,1	
	Heures annuelles à pleine charge	t_{wv}	h	2040	2040 - 2040	
	Demande annuelle spéc. en énergie pour production d'eau chaude sanitaire (de 10°C à 60°C)	Q_{wv}	kWh/m ²	47	20 - 88	

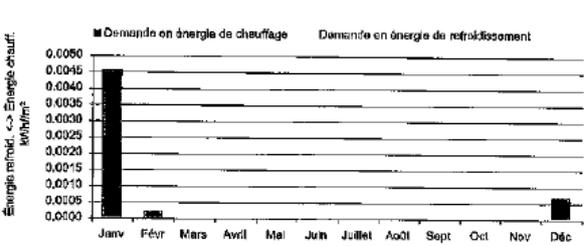
Demande spécifique en puissance de refroidissement (jour de réf.)



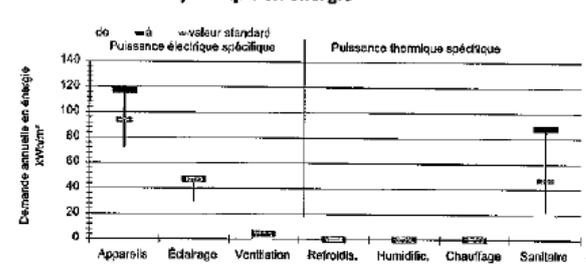
Demande spécifique en puissance



Demande mensuelle spéc. en énergie pour chauffage/refroidissement



Demande annuelle spécifique en énergie



Anexo B: Tabela AQS – catálogo *Hoval* (2014)

Nombre de logements normaux	Besoins approximatifs en eau chaude en dm ³						Pertes approximatives par circulation dm ³ 60 °C/jour
	en 10 minutes		par heure		par jour		
	60 °C	45 °C	60 °C	45 °C	60 °C	45 °C	
1	100	143	200	286	240	343	50 ¹
2	145	207	270	386	400	572	100 ¹
3	175	250	330	472	540	772	190-280
4	200	286	390	558	670	958	240-320
5	225	322	450	643	840	1200	270-380
6	245	350	500	715	1000	1429	300-440
7	265	380	550	786	1170	1672	330-510
8	285	407	600	858	1340	1915	380-540
9	305	436	650	929	1500	2143	400-590
10	325	457	700	1000	1670	2386	440-640
12	355	507	790	1129	2000	2857	490-700
14	385	550	880	1258	2330	3329	560-800
16	415	593	960	1372	2670	3815	600-860
18	445	636	1040	1486	3000	4286	650-960
20	475	679	1120	1600	3340	4772	700-1020
25	535	765	1320	1886	4170	5957	810-1280
30	590	843	1500	2143	5000	7143	960-1370
35	640	915	1680	2400	5840	8343	1020-1600
40	685	979	1840	2629	6680	9543	1136-1630
45	725	1036	2000	2858	7510	10729	1280-1920
50	760	1086	2160	3086	8350	11929	1340-1950
60	830	1186	2410	3443	10000	14286	1500-2240
70	900	1286	2660	3800	11690	16700	1630-2560
80	970	1386	2910	4158	13360	19086	1850-2810
90	1040	1485	3160	4514	15030	21471	1950-3040
100	1110	1571	3410	4871	16700	23857	2200-3200

Anexo C: Tabelas dos valores pontuais limite para os elementos construtivos, norma SIA 380/1

Tableau 2 Valeurs limites et valeurs cibles des coefficients de transmission thermique U pour une température ambiante de 20 °C

élément d'enveloppe contre élément de construction	Valeurs limites U_{li} W/(m ² ·K)		Valeurs cibles U_{ta} W/(m ² ·K)	
	l'extérieur ou enterré à moins de 2 m	locaux non chauffés ou enterré à plus de 2 m	l'extérieur ou enterré à moins de 2 m	locaux non chauffés ou enterré à plus de 2 m
éléments opaques (toit, plafond) (murs, sol)	0,20 0,20 ^x	0,25 0,28 ^x	0,09 0,11	0,15 0,15
éléments opaques avec système de chauffage intégré	0,20	0,25	0,09	0,15
fenêtres, portes-fenêtres ¹	1,3	1,6	0,90	1,1
fenêtres avec corps de chauffe en applique ²	1,0	1,3	0,80	1,0
portes	1,3	1,6	1,1	1,3
portes supérieures à 6 m ²	1,7	2,0	1,2	1,4
caissons de store	0,50	0,50	0,30	0,30

Tableau 2a Valeurs limites et valeurs cibles des coefficients de transmission thermique pour éléments plans touchés par une transformation ou un changement d'affectation, pour une température ambiante de 20 °C

élément d'enveloppe contre élément de construction	Valeurs limites U_{li} W/(m ² ·K)		Valeurs cibles U_{ta} W/(m ² ·K)	
	l'extérieur ou enterré à moins de 2 m	locaux non chauffés ou enterré à plus de 2 m	l'extérieur ou enterré à moins de 2 m	locaux non chauffés ou enterré à plus de 2 m
éléments opaques (toit, plafond) (murs, sol)	0,25 0,25	0,28 0,30	0,15 0,15	0,20 0,20
éléments opaques avec système de chauffage intégré	0,25	0,28	0,15	0,20
fenêtres, portes-fenêtres	1,3	1,6	0,90	1,1
fenêtres avec corps de chauffe en applique	1,0	1,3	0,80	1,0
portes	1,3	1,6	1,1	1,3
portes supérieures à 6 m ²	1,7	2,0	1,2	1,4
caissons de store	0,50	0,50	0,30	0,30

Anexo D: Tabela das condições normais de utilização de diferentes tipos de edifício/divisão, norma SIA 380/1

Tableau 25 Récapitulation des conditions normales d'utilisation

par.	Catégorie d'ouvrages		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
			habitat collectif	habitat individuel	administration	écoles	commerce	restauration	lieux de rassemblement	hôpitaux	industrie	dépôts	installations sportives	piscines couvertes
3.5.1.2	température ambiante	θ_0 °C	20	20	20	20	20	20	20	22	18	18	18	28
3.5.1.4	surface par personne	A_p m ² /P	40	60	20	10	10	5	5	30	20	100	20	20
3.5.1.5	chaleur moyenne dégagée par personne	Q_p W/P	70	70	80	70	90	100	80	80	100	100	100	60
3.5.1.6	durée de présence des personnes	t_p h	12	12	6	4	4	3	3	16	6	6	6	4
3.5.1.7	besoins d'électricité	E_{FEI} MJ/m ²	100	80	80	40	120	120	60	100	60	20	20	200
3.5.1.8	facteur de réduction des besoins d'électricité	f_{EI} -	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7
3.5.1.9	débit d'air neuf	V/A_E m ³ /(h·m ²)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	0,3	0,7	0,7
4.3	besoins de chaleur pour l'eau chaude sanitaire	Q_{wv} MJ/m ²	75	50	25	25	25	200	50	100	25	5	300	300

Anexo E: Tabela dos valores limite de $Q_{h,li0}$ e $\Delta Q_{h,li}$ para as novas construções, norma SIA 380/1

Tableau 4 Valeurs limites des besoins de chaleur annuels pour le chauffage des bâtiments à construire pour une température annuelle moyenne θ_{ea} de 8,5 °C

Catégorie d'ouvrages		Valeur limite	
		$Q_{h,li0}$ MJ/m ²	$\Delta Q_{h,li}$ MJ/m ²
I	habitat collectif	55	65
II	habitat individuel	65	65
III	administration	65	85
IV	écoles	70	70
V	commerce	50	65
VI	restauration	95	75
VII	lieux de rassemblement	95	75
VIII	hôpitaux	80	80
IX	industrie	60	70
X	dépôts	60	70
XI	installations sportives	75	70
XII	piscines couvertes	70	90

Anexo F: Agena – Exemplo de valores típicos utilizados para o dimensionamento de sistemas solares térmicos

ECS

Page

Mars 2002

PREDIMENSIONNEMENT INTALLATION SOLAIRE

CONSUMMATION / TAUX DE COUVERTURE SOLAIRE

SURFACE CAPTEURS / VOLUME ACCUMULATEUR

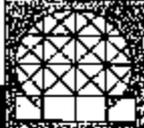
AGENA énergies

CH-1516 Moudon

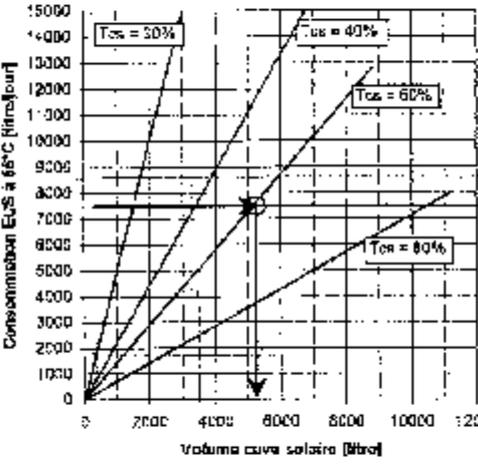
Tel: 021 805 35 55

Fax: 021 805 43 88

Informations

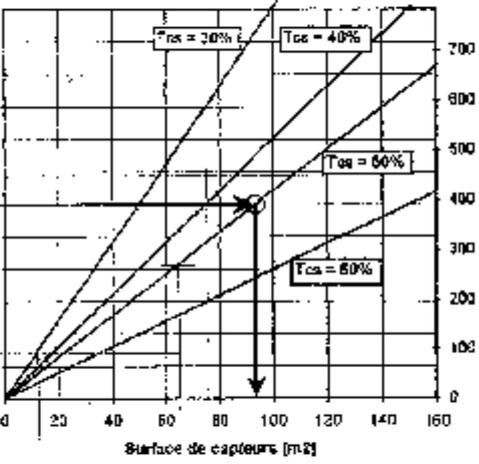


ATTENTION ! Les graphiques ci-dessous ne figurent qu'à titre indicatif !
Tcs = Taux de couverture solaire



Consommation ECS à 65°C (litres/jour)

Volume cuve solaire (litres)



Energie en ECS (kWh/jour)

Surface de capteurs (m²)

Pour les graphiques, les conditions sont :

- lieu : Lausanne ou Genève
- inclinaison capteurs Azur6 : 30 à 45°
- orientation capteurs Azur6 : plein sud (+/- 20°)
- préparation d'eau chaude à 55°C
- sans boucle de circulation (si avec boucle -> Tcs diminue de 5 points)
- consommation d'ECS 'pics en journée'. Si la consommation est très ponctuelle -> augmenter le rapport Volume cuve solaire/Surface capteurs
- réalisés à partir de simulations Polysun 3.3, variante n° 7 (2 réservoirs)

Exemple Pour une consommation de 7500 litres d'ECS et un taux de couverture de 50%, il faut :

- 5000 à 5500 litres pour la cuve solaire
- 85 m² de capteurs Azur6

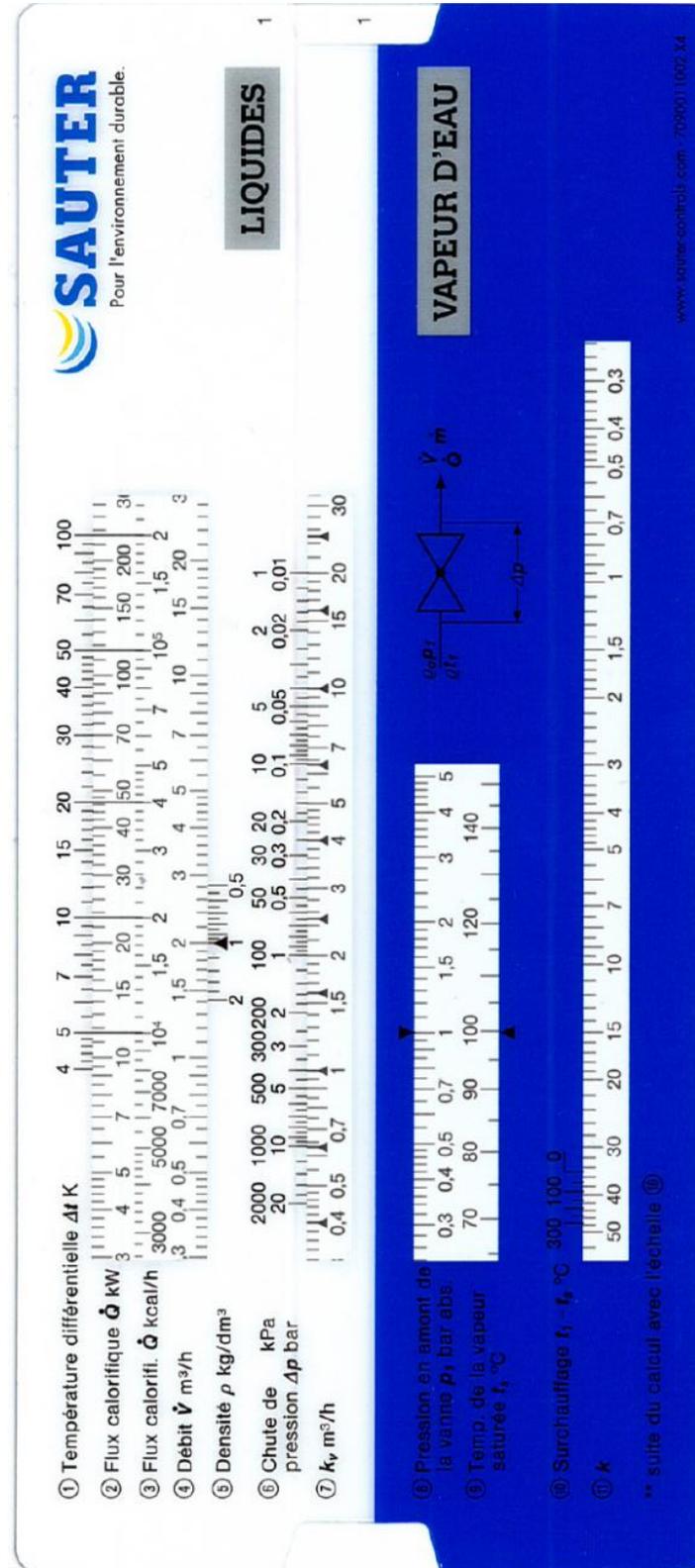
lieu	points
Dévecs	+10 points
La Chaux-de-Fonds	-1 point
Locarno	+3 points
Neuchâtel	-4 points
Sion	+10 points
Zürich	-5 points

→ Consom. ECS

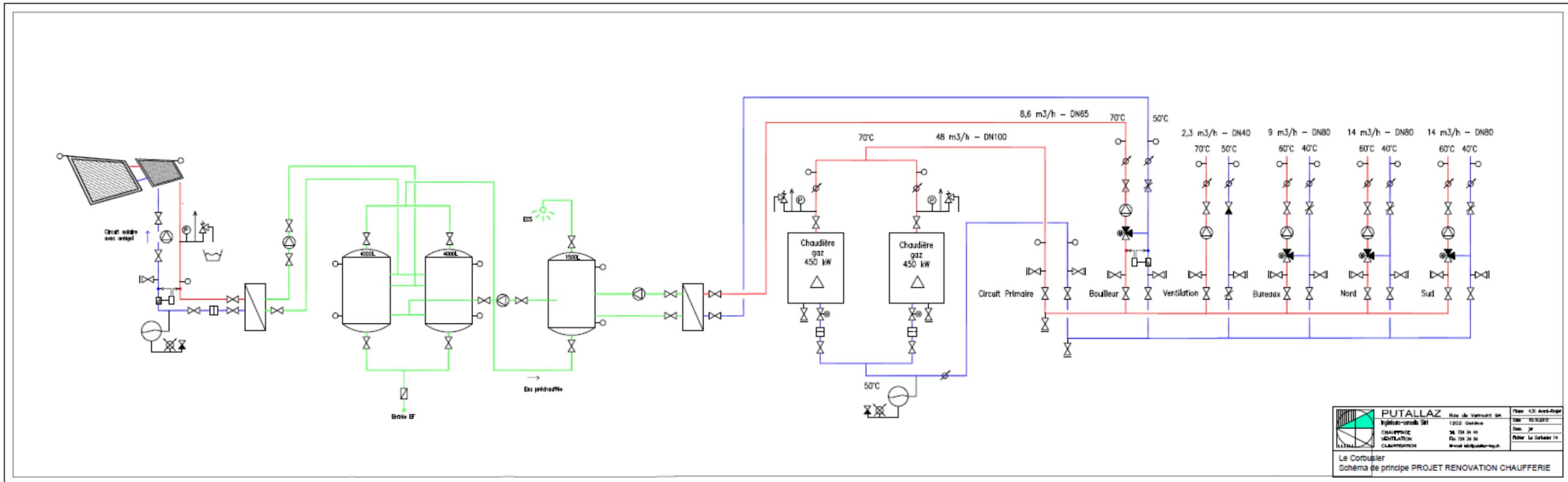
Taux de couverture solaire (Tcs)	Rapport Volume cuve solaire / Surface de capteurs en l/m²	m² de capteurs par personne
30%	30	0.33
40%	45	0.5
50%	55	0.62
60%	70	1
50%	64,7	0,91

	Personnes	Consommation ECS (kWh/personne)
Appartement	50 pers.	2.6 kWh/pers.
Restaurant	20 à 30 pers.	1 à 1.8 kWh/pers.
Hôtel	70 à 100 pers.	3.6 à 5.2 kWh/pers.

Anexo G: Sauter – Exemplo réguas de dimensionamento de válvulas

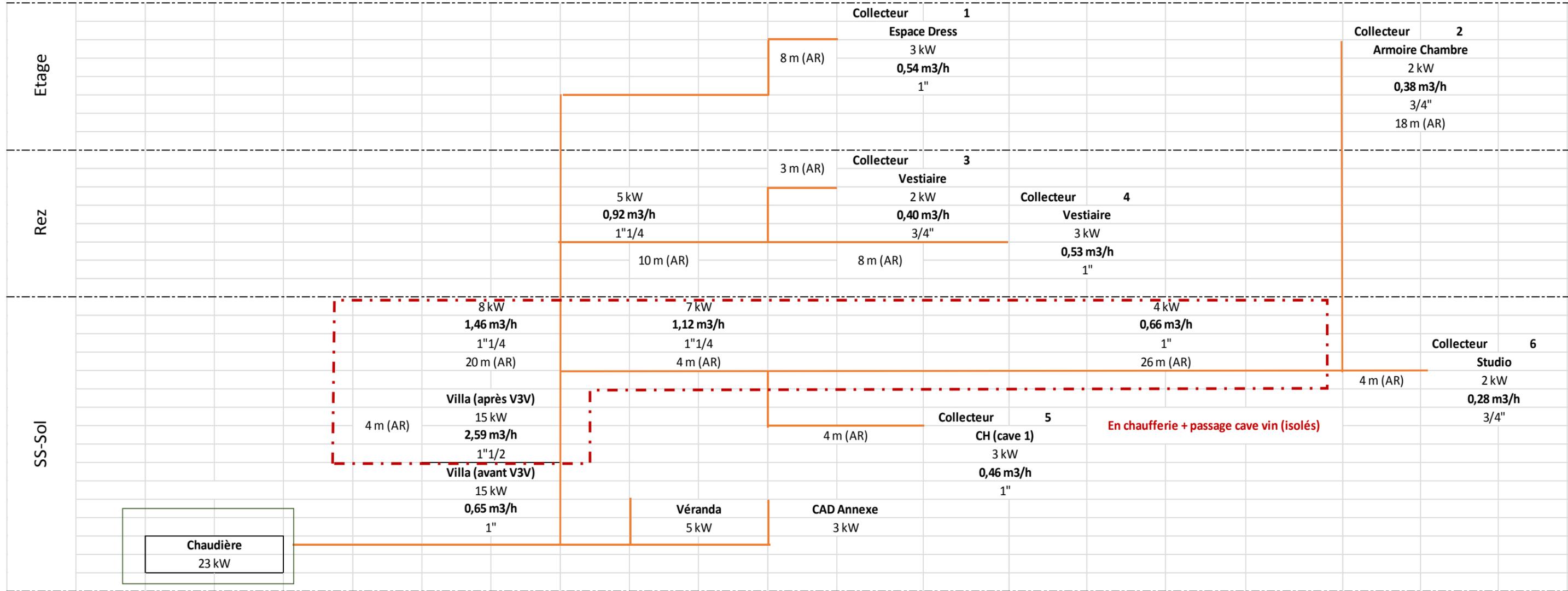


Anexo H: Esquema de Princípio, *Rue le Corbusier*

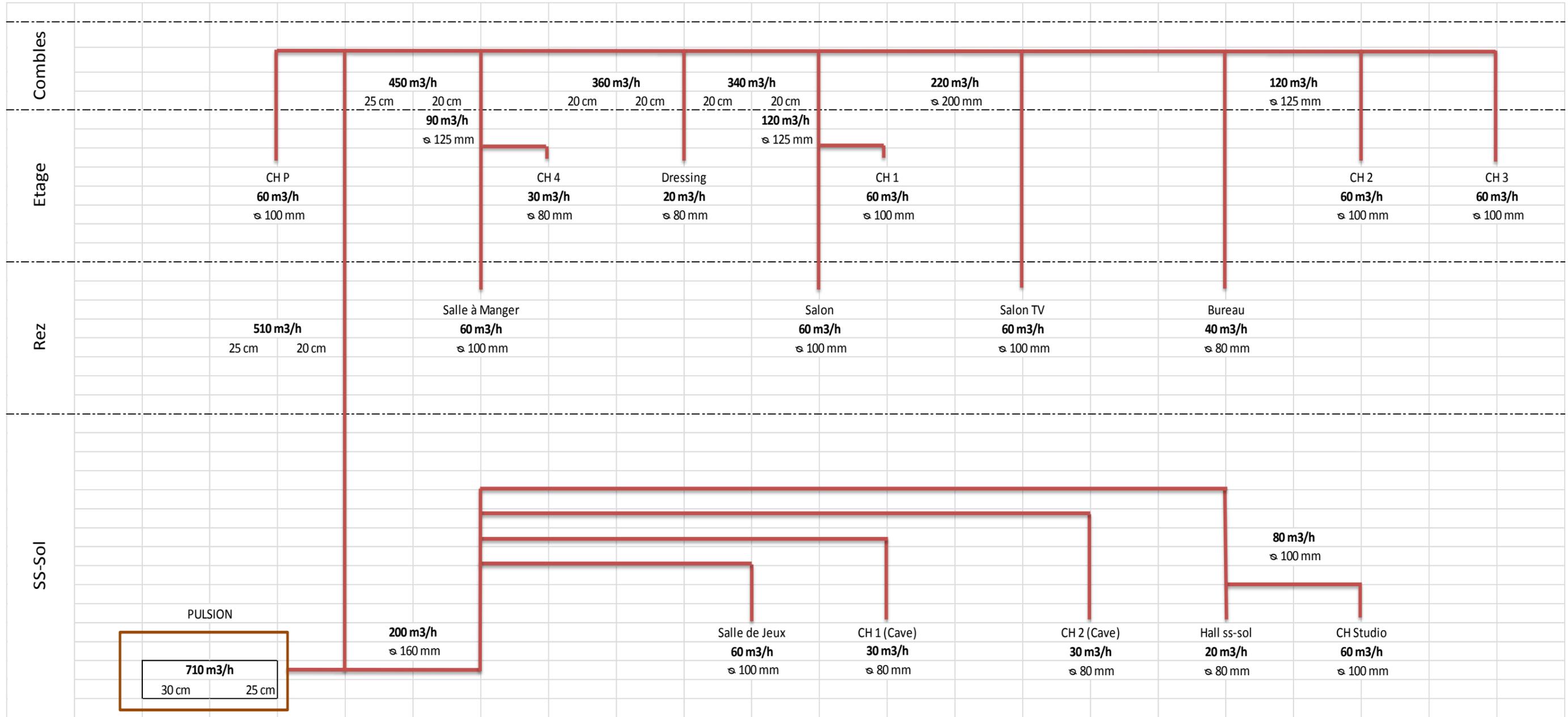


	PUTALLAZ	Rue de Vaux 10	1200 Gland	File: 431-Arch-Eng
	Ingénieur-architecte SA			Date: 10/12/2015
	CHAUFFAGE			Des: JF
	VENTILATION			Plan: Le Corbusier 14
Le Corbusier Schéma de principe PROJET RENOVATION CHAUFFERIE				

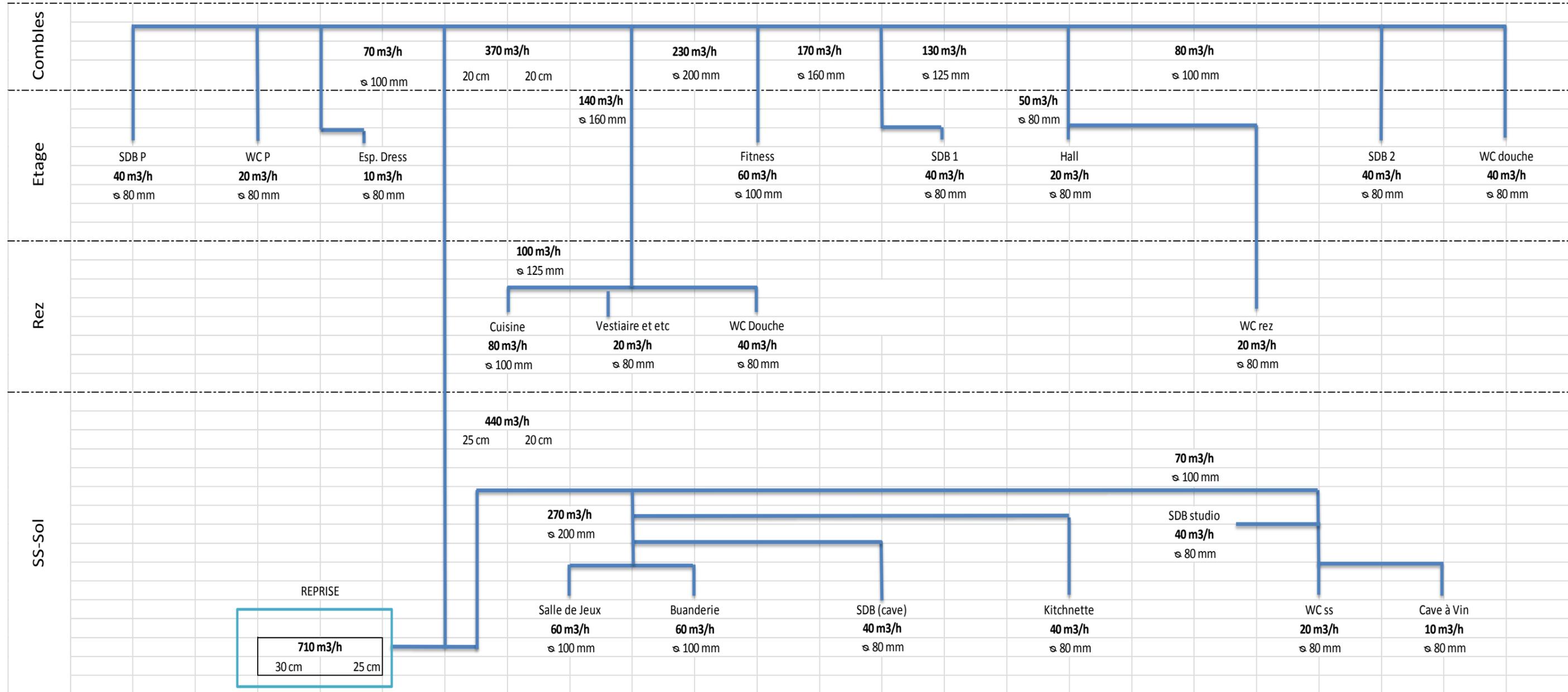
Anexo I: Desenho esquemático do aquecimento, Villa à Presinge



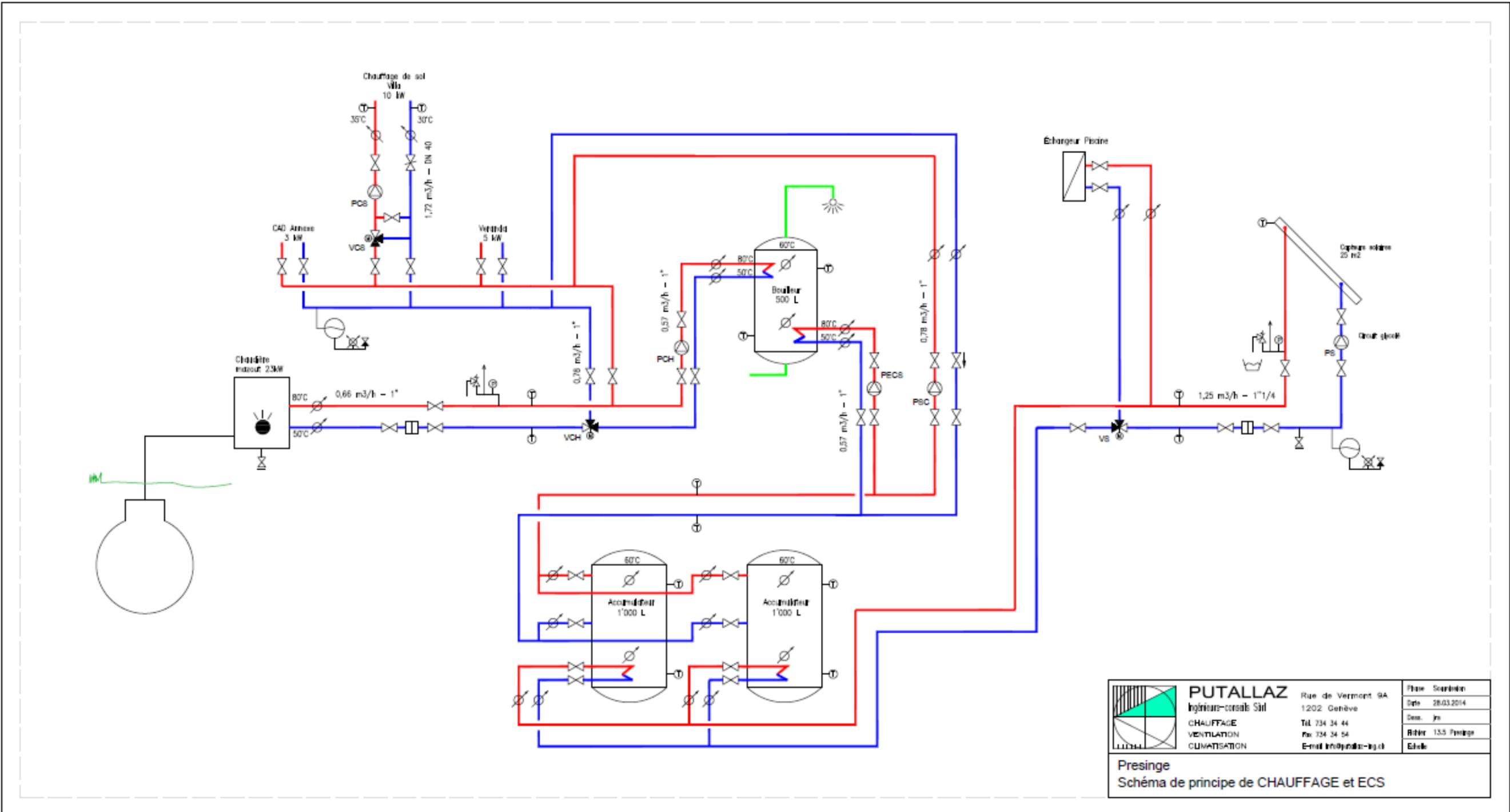
Anexo J: Desenho esquemático da ventilação – insuflação, *Villa à Presinge*



Anexo K: Desenho esquemático da ventilação – extração, Villa à Presinge



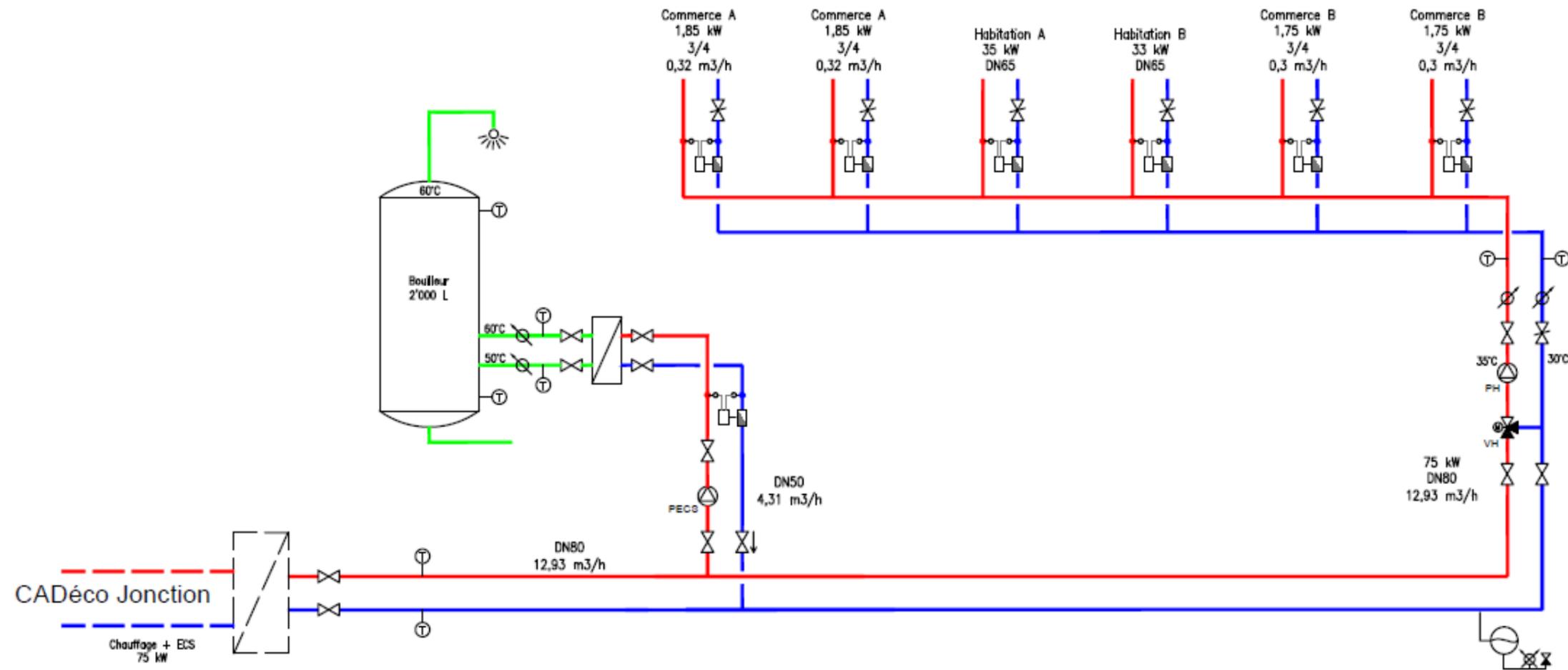
Anexo L: Esquema de Princípio, Villa à Presinge

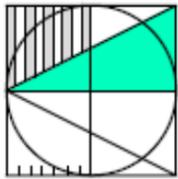


	PUTALLAZ Ingénieurs-consultants Sàrl	Rue de Vermont 9A 1202 Genève	Place Scandinavie Date: 28.03.2014
	CHAUFFAGE	Tél. 734 34 44	Gen. Jm
	VENTILATION	Fax 734 34 54	Réd. 155 Presinge
	CUMATISATION	E-mail: info@putallaz-ingen.ch	Echelle

Presinge
Schéma de principe de CHAUFFAGE et ECS

Anexo M: Esquema de Princípio, *Sainte Clotilde*



 <p>PUTALLAZ Ingénieurs-conseils Sàrl CHAUFFAGE VENTILATION CLIMATISATION</p>	Rue de Vermont 9A 1202 Genève Tél. 734 34 44 Fax 734 34 54 E-mail info@putallaz-ing.ch	Phase Soumission Date 04.05.2014 Dess. jrs Fichier Imm. Ste Clotilde Echelle
	Immeuble Sainte Clotilde Schéma de principe de CHAUFFAGE et ECS	

Anexo 0: Desenho esquemático da ventilação - extração,
Sainte Clotilde

Anexo P: Desenho esquemático do aquecimento, *Sainte Clotilde*